



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ciencias Biológicas

Escuela Profesional de Ciencias Biológicas

**Preferencia de microhábitat del renacuajo de
Telmatobius macrostomus (Peters 1873) “rana gigante
de Junín” en los afluentes del lago Chinchaycocha,
Junín, Perú**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Biólogo con mención en
Zoología

AUTOR

Luis CASTILLO ROQUE

ASESOR

Iris Margot SAMANEZ VALER

Lima, Perú

2017



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Castillo, L. (2017). *Preferencia de microhábitat del renacuajo de Telmatobius macrostomus (Peters 1873) “rana gigante de Junín” en los afluentes del lago Chinchaycocha, Junín, Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Ciencias Biológicas]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**ACTA DE SESIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO CON MENCIÓN EN ZOOLOGÍA
(MODALIDAD: SUSTENTACIÓN DE TESIS)**


Siendo las 10:10 horas del 20 de diciembre de 2017 en el Salón de Grados de la Facultad de Ciencias Biológicas y en presencia del jurado formado por los profesores que suscriben, se dio inicio a la sesión para optar al Título Profesional de Biólogo con mención en **Zoología** de **LUIS CASTILLO ROQUE**.

Luego de dar lectura y conformidad al expediente N° 045-EPCB-2017, el titulado expuso su tesis: **"PREFERENCIA DE MICROHÁBITAT DEL RENACUAJO DE *Telmatobius macrostomus* (PETERS 1873) "RANA GIGANTE DE JUNÍN" EN LOS AFLUENTES DEL LAGO CHINCHAYCOCHA, JUNÍN, PERÚ"** y el Jurado efectuó las preguntas del caso calificando la exposición con la nota 20, calificativo: Aprobado con máximos honores.


Finalmente, el expediente será enviado a la Escuela Profesional de Ciencias Biológicas y al Consejo de Facultad para que se apruebe otorgar el Título Profesional de Biólogo con mención en **Zoología** a **LUIS CASTILLO ROQUE** y se eleve lo actuado al Rectorado para conferir el respectivo título, conforme a ley.

Siendo las 11:30 horas se levantó la sesión.

Ciudad Universitaria, 20 de diciembre de 2017.


Dra. DIANA SILVA DAVILA
(PRESIDENTA)


Mg. IRIS SAMANEZ VALER
(ASESORA)


Blgo. JESUS CORDOVA SANTA GADEA
(MIEMBRO)


Dr. CESAR AGUILAR PUNTRIANO
(MIEMBRO)



DEDICATORIA

A mis padres, Sara Edith Roque Sava y Luis Mariano Castillo Mori,
por brindarme todo lo necesario para terminar mi carrera.

Todo esto es gracias a ustedes.

A mi hermana Sarita por creer en mí siempre y
a Pilar Valentín por soportarme cada día que estamos juntos.

AGRADECIMIENTOS

Fueron muchas las decisiones que tomé antes de iniciar, desarrollar y culminar este trabajo, muchas las personas y hechos los involucrados. Agradezco inmensamente a Roberto Elías Piperis por la confianza que puso en esta investigación, al Zoológico de Denver por el necesario financiamiento, a mi asesora Iris Samanez por su apoyo constante, a mis revisores Dr. César Aguilar, Blgo. Jesús H. Córdova y Dra. Diana Silva por sus recomendaciones y constructivos comentarios, al Blgo. Alfredo Guzmán por sus consejos en la elaboración del proyecto.

Sin lugar a dudas, los tres meses de voluntario en la Reserva Nacional de Junín, ayudaron a comprender la necesidad de investigar especies amenazadas, por lo que agradezco al Ing. Ronald Medrano Yanqui, al especialista Rolando Tito, Víctor Rojas y mi tutores guardaparques Winy Arias y Duanne Martinez por su ardua labor y colaboración.

Previo al desarrollo de esta investigación, conocí y aprendí a trabajar en equipo y lejos del hogar, de los gringos juninos, biólogos Andrew Watson y Austin Fitzgerald. Sin dejar de lado a mi gran amigo, Oscar Damián, con el que compartimos los mismos ideales de conservación.

Numerosas personas apoyaron la ardua labor de campo, entre ellas, Roberto Elías, Pilar Valentín, Andrew Watson, Austin Fitzgerald, Maura Fernández, Tim Freeman, voluntarias (os) y guardaparques de la Reserva Nacional de Junín y el Santuario Histórico de Chacamarca, su colaboración fue indispensable. En la etapa de laboratorio, a Karen Roa Castro por la ayuda en la identificación de las algas.

Los últimos años de pregrado fueron decisivos para emprender este trabajo, por esa razón estoy en deuda con el Museo de Historia Natural y especialmente con el Departamento de Herpetología que me brindo el mejor espacio para realizar investigación, gracias profesor

Jesús H. Córdova, colaboradores, compañeros tesisistas, practicantes y voluntarios, y ahora bienvenido profesor César Aguilar, nuestro nuevo curador. Recomendando a todos los amantes de la conservación biológica, formar parte de esta experiencia.

Finalmente a mis amistades de barrio y compañeros de la promoción 2016 "*Sustentabilitate in scientia et naturae*", sin ellos no me hubiera acordado cada día de escribir este trabajo.

RESUMEN

Los anfibios habitan una gran diversidad de microhábitats, donde los renacuajos ocupan generalmente los espacios acuáticos, relacionados con factores ambientales y biológicos que constituyen su nicho ecológico. En la actualidad, las especies amenazadas han recibido mayor énfasis en investigación, por ejemplo, *Telmatobius macrostomus*, anuro endémico del centro del Perú. Para determinar si existe un microhábitat preferido por los renacuajos de la especie en estudio, se evaluaron ocho afluentes (estaciones) del Lago Chinchaycocha en un horario diurno, divididos en 27 subestaciones, y los mismos en 1137 cuadrantes, durante el mes de julio del 2016, donde se registraron datos de parámetros fisicoquímicos y biológicos de su hábitat y microhábitat. Se registraron 34 renacuajos en total, asociados a las orillas de los riachuelos, con aguas transparentes y una alta diversidad de diatomeas. Por medio de un análisis de componentes principales y la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis, se determinó que las subestaciones con presencia ($n = 10$) y ausencia ($n = 17$) de renacuajos de *T. macrostomus* no fueron significativamente diferentes ($p\text{-value} > 0.05$). Por el contrario, el análisis de escalamiento no-métrico y un análisis de similaridad (ANOSIM) indicó una diferencia significativa entre los cuadrantes con presencia y ausencia en una sola subestación ($R = 0.50$, $p = 0.0004$). Se sugiere que entre subestaciones existen otros factores relacionados con la preferencia de microhábitat de los renacuajos de esta especie, probablemente asociados a aspectos tróficos; mientras que entre cuadrantes, el alto porcentaje de vegetación acuática, profundidad mínima de 30 cm, corriente baja, presencia de peces del género *Orestias* y sustrato tipo limo, conforman su principal microhábitat. Se concluye que los renacuajos de *T. macrostomus* presentan hábitos generalistas para seleccionar su microhábitat-subestación, pero a nivel de microhábitat-cuadrante existen características ambientales y biológicas observables asociadas a su presencia.

Palabras clave: nicho espacial, especies amenazadas, anfibios, larva.

ABSTRACT

Amphibians inhabit a large diversity of microhabitats, where tadpoles generally occupy aquatic spaces, related with environmental and biological factors that constitute their ecological niche. This study presents novel data on the microhabitat utilization of *Telmatobius macrostomus* tadpoles, an endangered and endemic anuran from central Peru. To describe *T. macrostomus* microhabitat, eight tributaries (stations) of Lake Chinchaycocha were evaluated. Stations were divided into 27 substations. These were further divided into 1137 quadrants. Sampling occurred during the month of July 2016. Physicochemical and biological parameters of *T. macrostomus* habitat and microhabitat were recorded during daytime hours. Thirty-four tadpoles were found associated with the banks of the streams, in transparent waters with a high diversity of diatoms. Principal component analysis and the Kruskal-Wallis non-parametric test suggest that the presence ($n = 10$) and absence ($n = 17$) of *T. macrostomus* tadpoles were not significantly different at substations ($p\text{-value} > 0.05$); however, non-metric multidimensional scaling (NMMS) and similarity analysis (ANOSIM) indicated a significant difference between the presence and absence of tadpoles in quadrants in a single substation ($R = 0.50$, $p = 0.0004$). This suggests that among substations there are other factors related with microhabitat preference of tadpoles of this species, probably associated with trophic aspects. Between quadrants, a high percentage of aquatic vegetation, minimum water depth of 30 cm, low current, presence of *Orestias* fish, and silt substrate constitute their main microhabitat. In conclusion, *T. macrostomus* tadpoles are generalists at the microhabitat-substation scale, but at a finer scale (i.e., the microhabitat-quadrant level) there are observable environmental and biological characteristics associated with their presence.

Key words: spatial niche, endangered species, amphibians, larva.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	3
3. MARCO TEÓRICO.....	4
4. METODOLOGÍA.....	13
4.1 Área de estudio.....	13
4.2 Condiciones climáticas	18
4.3 Metodología de muestreo	19
4.4 Evaluación de parámetros de los microhábitats	20
4.5 Procesamiento de datos	21
4.5.1 Comparación entre subestaciones	21
4.5.2 Comparación entre cuadrantes	22
4.5.3 Descripción de microhábitat	23
5. RESULTADOS	24
5.1 Distribución y abundancia dentro del área de estudio	24
5.2 Microhábitats a nivel de subestación	26
5.2.1 Vegetación acuática	26
5.2.2 Subestaciones con presencia y ausencia de renacuajos	26
5.3 Microhábitats a nivel de cuadrante.....	29
5.3.1 Cuadrantes con o sin ocurrencia de renacuajos	29

5.4 Descripción de microhábitat.....	32
5.4.1 En subestaciones	32
5.4.2 En cuadrantes	34
6. DISCUSIÓN	40
6.1 Distribución y abundancia.....	40
6.2 Vegetación acuática.....	41
6.3 Comparación entre microhábitats (subestaciones).....	43
6.4 Comparación entre microhábitats (cuadrantes).....	47
6.5 Caracterización del microhábitat	48
6.5.1 Relación entre los renacuajos y microalgas.....	55
6.6. Propuesta de conservación.....	57
7. CONCLUSIONES.....	58
8. RECOMENDACIONES	59
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS

Tabla 1. Microhábitats generales de renacuajos del género <i>Telmatobius</i>	10
Tabla 2. Parámetros ambientales generales (n=27 subestaciones).....	18
Tabla 3. Abundancia de renacuajos por subestación y estación.....	25
Tabla 4. Comparación entre medias de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de las subestaciones con y sin de renacuajos.	29
Tabla 5. (A, B y C) Comparación entre los parámetros cobertura superficial, vegetación sumergida y profundidad entre cuadrantes con ocurrencia de renacuajos en tres subestaciones: Pal_2 (A), Pac_3 (B), Pac_4 (C).	31
Tabla 6. Resultados del Análisis de Componentes Principales para las subestaciones con presencia de renacuajos en los dos primeros componentes.	32
Tabla 7. Análisis univariado de los parámetros evaluados en las subestaciones con renacuajos.	33
Tabla 8. Frecuencia de ocurrencia de renacuajos según características físicas del hábitat.	35
Tabla 9. Frecuencia de ocurrencia de renacuajos ante potenciales competidores y/o depredadores.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS

Figura 1. Gráfico adaptado de McDiarmid & Altig (1999), donde resumen los factores que afectan la etapa de renacuajo de anfibios anuros.	11
Figura 2. Mapa del área de estudio. Círculos verdes = subestaciones con presencia de renacuajos. Círculos rojos = subestaciones con ausencia de renacuajos.....	13
Figura 3. A la izquierda, subestación Ch_1, presencia de residuos sólidos. A la derecha, subestación Ch_6, presenta alteración del hábitat por paso de ganadería.....	14
Figura 4. A la izquierda, subestación Pac_5, a 50 metros de la carretera Junín - Ondores. A la derecha, subestación Pac_2, bebedero de ganado, con alta sedimentación.....	14
Figura 5. A la izquierda, subestación Pal_4, hábitat alterado por ganadería y uso como lavadero de ropa. A la derecha, subestación Pal_2, hábitat alterado por ganadería.....	15
Figura 6. A la izquierda, subestación Huay_1, afectado por abundante sedimentación y aguas servidas. A la derecha, subestación Huay_4, hábitat alterado por la ganadería, elaboración de chuño, y perpendicular a la carretera central a 10 metros.	15
Figura 7. A la izquierda, subestación Huar_ 2, aguas termales. A la derecha, subestación Huar_1, alta sedimentación.....	16
Figura 8. Yan_1, única subestación evaluada, presenta alta sedimentación y reducida vegetación sumergida.	16
Figura 9. Ink_1, única subestación evaluada, aguas usadas para lavar ropa.	17
Figura 10. A la izquierda, subestación Chuy_2, canal ampliado, presencia de residuos sólidos. A la derecha, subestación Chuy_1, canal ampliado.	17

Figura 11. Subestación dividida en cuadrantes. El número 1 indica el primer cuadrante de la evaluación, las flechas indican la dirección de la corriente del agua.....	20
Figura 12. Análisis de Componentes Principales. Círculos verdes = subestaciones con renacuajos, círculos rojos = subestaciones sin renacuajos.....	27
Figura 13. Análisis de cluster clásico entre subestaciones con presencia de renacuajos (verde) y ausencia de renacuajos (rojo).	28
Figura 14. Análisis de escalamiento multidimensional no-métrico de la subestación Pal_2. Círculos verdes=presencia, círculos rojos=ausencia.	30
Figura 15. Porcentaje de especies de algas por phylum.....	37
Figura 16. Abundancia de renacuajos (n=34) frente a parámetros fisicoquímicos del agua.	38
Figura 17. Abundancia de renacuajos (n=34) en relación a parámetros físicos del hábitat.	39

ANEXOS

- A. Base de datos completa
- B. Diversidad de especies del perifiton
- C. Vista dorsal de renacuajo de *Telmatobius macrostomus*
- D. Vista ventral de renacuajo de *Telmatobius macrostomus*
- E. Búsqueda de renacuajos en la Estación Paccha
- F. Búsqueda de renacuajos en la estación Chacachimpa
- G. Hábitat afectado por ganadería
- H. Hábitat afectado por la limpieza de canal (Pal_1)
- I. Rana muerta cerca a subestación Huay_2

1. INTRODUCCIÓN

El nicho ecológico define el lugar de vida de los organismos a escala regional, de hábitat y microhábitat, y está relacionado con diferentes condiciones ambientales y biológicas que afectan el rendimiento de las especies en un determinado tiempo (Hutchinson 1957, Neal 2004), siendo uno de los aspectos más significativos el estudio de su distribución a nivel de microhábitat (Mehrabi *et al.* 2014); por otro lado, las características del medio que presenta cada espacio pequeño de hábitat podrían cumplir un papel fundamental en procesos de restauración ecológica (Ariyaratne & Meegaskumbura 2011). Por lo tanto, el conocer las preferencias de una especie por un tipo de microhábitat en particular, en conjunto con su biología, son factores importantes para el diseño de estrategias y planes de conservación adecuados a las especies que se quieren conservar (ECOAN 2010, Londoño *et al.* 2010, Villamarín *et al.* 2011).

Los estudios sobre la ecología de anfibios son verdaderamente amplios; estos organismos resaltan por su importancia trófica, sensibilidad ambiental (Hopkins 2007), y por estar presentes en un amplio rango de microhábitats distribuidos en humedales, quebradas, bosques primarios, secundarios (Heard *et al.* 2008, Osborne *et al.* 2008, Dissanayake & Wellapuli-Arachchi 2012), etc. Todas estas asociaciones se basan en características propias del ecosistema donde se distribuyen, tales como presencia de cuerpos de agua, tipo de vegetación o sustrato, parámetros fisicoquímicos, entre otros (Odendaal *et al.* 1982, Girish & Krishna-Murthy *et al.* 2007, Osborne *et al.* 2008, Lunghi *et al.* 2015), ocurrencia de lluvias y sequías (Dissanayake & Wellapuli-Arachchi 2012) y la historia natural de cada una de las especies (Vargas & Castro 1999, Rueda-Solano *et al.* 2015). En el caso de los anfibios estrictamente acuáticos, las condiciones ambientales del cuerpo de agua repercuten en su

fisiología y morfología, e influyen directamente en la elección de algún tipo de microhábitat en especial (De Macedo 1950, Vellard 1951).

La situación actual de los anfibios conlleva a mayores esfuerzos de investigación para impedir su extinción (Hopkins 2007); es así, que las especies amenazadas son el principal enfoque de estrategias para su protección (U.S. Fish & Wildlife Service 2005). *Telmatobius macrostomus* (Peters 1873), conocida como la rana gigante del lago Junín, es una especie que se encuentra actualmente en peligro de extinción (D.S. N° 004-2014-MINAGRI, UICN 2016) por alteraciones de su hábitat, contaminación, sobrexplotación, especies invasoras y cambio climático (Caro *et al.* 2007, Angulo 2008, Ríos & Cisneros 2010, Aguilar *et al.* 2010b). A pesar de su importancia como parte de la cadena trófica del Lago Junín (De Macedo 1950, Sinsch 1986, Coronel & Rojas 2014, o como un recurso económico (De Macedo 1950; Iannaccone & Manyari 2007, Ríos & Cisneros 2010), pocos trabajos se han realizado sobre los diferentes aspectos de su historia natural (De Macedo 1950, Vellard 1951). Si bien se han desarrollado propuestas de manejo de sus poblaciones (Camacho 2001) y también talleres para elaborar estrategias de conservación para la rana gigante (Medrano *et al.* 2013), recién desde el 2013, investigadores voluntarios del Cuerpo de Paz y la Reserva Nacional de Junín (RNJ) realizaron estudios de esta especie empleando modelos de uso de hábitat, con importantes resultados (Watson *et al.* 2015; 2017a,b), sin embargo aún se requieren mayores estudios sobre la preferencia de microhábitat (Watson *et al.* 2017b) que ayuden a la preservación de esta especie endémica del Perú.

En anuros, como la rana gigante de Junín, la etapa de renacuajo es de suma importancia durante su desarrollo (McDiarmid & Altig 1999). Esta puede alterarse dramáticamente por la falta de alimento, variaciones ambientales (aumento de temperatura, concentración de oxígeno, entre otras) y presencia de depredadores (Sengupta *et al.* 2013; Marques & Nomura 2015, Martín-Torrijos *et al.* 2016). Por otro lado, determinar las

características que poseen los microhábitats, permitirá predecir probables lugares de ocurrencia de esta especie (Heard *et al.* 2008) así como posibles adaptaciones de las poblaciones ante diferentes agentes de presión, los que mayormente son generados por el hombre (Becker *et al.* 2007, Eterovick *et al.* 2015).

Este trabajo describe los componentes del microhábitat de los renacuajos de *T. macrostomus* y contribuye con información sobre la ecología de esta especie que ayude a ejecutar acciones de conservación, que favorezcan el aumento de sus poblaciones en los afluentes del lago Chinchaycocha o también llamado lago Junín.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Objetivo general:

- Evaluar si los renacuajos de *Telmatobius macrostomus* tienen preferencias de microhábitat en el ecosistema de afluentes del Lago Chinchaycocha.

Objetivos específicos:

- Describir los microhábitats propicios para el desarrollo de renacuajos de *T. macrostomus* en el área de estudio.
- Determinar los posibles factores (bióticos y abióticos) que favorezcan la ocurrencia de renacuajos y por tanto determinen su preferencia por determinados microhábitats.

Hipótesis:

- **H0:** los renacuajos de *Telmatobius macrostomus* prefieren uno o más microhábitats en el ecosistema de afluentes del Lago Chinchaycocha.
- **H1:** los renacuajos de *Telmatobius macrostomus* no tienen una preferencia de microhábitat en el ecosistema de afluentes del Lago Chinchaycocha.

3. MARCO TEÓRICO

En la actualidad el grupo de vertebrados más amenazados son los anfibios debido a la fragmentación de su hábitat, alteraciones de procesos ecosistémicos por el incremento de CO₂ atmosférico, altas concentraciones de nitrógeno, extracción de recursos naturales, producción industrial, entre otros (Catenazzi 2015); asimismo, el cambio climático global ha favorecido el ataque por el hongo quitridio *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd), lo cual podría acelerar la tasa de mortalidad (Blaustein *et al.* 2010, Catenazzi & von May 2014).

En el Perú, los anuros estrictamente acuáticos son los más propensos a declives poblacionales, ya que pasan todas las etapas de su ciclo de vida en el agua (Vellard 1951). Por ejemplo, las alteraciones de las condiciones ecológicas en grandes alturas, como las bajas temperaturas, disminución del oxígeno y la presión atmosférica, podrían afectar los lugares de ovoposición, reproducción, forrajeo y la morfología externa e interna (Vellard 1951). Este es el caso de la rana gigante del lago Junín, *Telmatobius macrostomus*, actualmente en la categoría En Peligro (EN) según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza - UICN (2016) y por la legislación Nacional (D.S. N° 004-2014-MINAGRI), aunque habite áreas naturales protegidas como la Reserva Nacional de Junín (RNJ) (INRENA 2008).

Este anfibio antes era denominado científicamente como *Batrachophrynus macrostomus* (De Macedo, Vellard 1951, Sinsch 1986, Lehr 2005), pero un análisis cladístico de los cariotipos de cinco especies de *Telmatobius* y dos de *Batrachophrynus* no apoyaba su separación genérica (Córdova & Descailleaux 2005); es así, que desde el año 2009, el género *Batrachophrynus* se convierte en sinónimo de *Telmatobius* (Aguilar & Valencia 2009b), usando ese nombre genérico para las investigaciones y citas bibliográficas de la última década.

Telmatobius macrostomus es una especie estrictamente acuática (De Macedo 1950; Vellard 1951) y es endémica del Perú (Lehr 2005), cuya población más trascendental se encontraba en el lago Chinchaycocha (Dourojeanni *et al.* 1968, Becerra 2012) y en la región Pasco en la laguna Aguascancha (Chocano 2005), además de otras lagunas estudiadas por De Macedo (1950), con una distribución altitudinal desde los 3500 msnm (Laguna de Paca, posible caso de introducción) hasta los 4660 msnm (Laguna Llamki). En Junín, su distribución está restringida al sector noroeste del lago Junín y a ríos como el Condorcocha, Yahuarmayo, Pumaqchupan y la laguna Chalipaico o Shalipaico INRENA (2008) y se debe remarcar, que en particular, los afluentes del Lago Junín tienen temperaturas variables; observándose una escala enorme de variaciones según los biotopos locales (Vellard 1951).

Además de las consecuencias del cambio climático en la dinámica del agua y de la facilidad de transmisión del hongo quitrido, también se sabe que los efectos antropogénicos locales, como la falta de sistemas de agua y desagüe, sobre-extracción de recursos, acumulación de residuos sólidos, comercio, contaminación por metales pesados (Ríos & Cisneros 2010; Caro *et al.* 2007; Robdell *et al.* 2014), quema de totorales, invasión de especies exóticas, sobrepastoreo, entre otros aspectos. (Caro *et al.* 2007), son las causas de la disminución de las poblaciones de la rana del lago Junín. A mediados del siglo XX se cosechaban 120 ranas por día (De Macedo 1950), considerándose un recurso económico muy valorado por los habitantes; sin embargo, después de 20 años la captura disminuyó hasta 32 ranas por día aproximadamente, pero aún era el recurso animal más explotado (Dourojeanni *et al.* 1968). Hasta el año 2008, solo se colectaban 11 ranas por semana (Ríos & Cisneros 2010), lo que demuestra un declive evidente de su población. Por ese motivo, es necesario y conveniente conocer las condiciones actuales de su ecosistema a fin de mejorar su hábitat, plantear medidas adecuadas para el crecimiento de sus poblaciones y seguir considerándola como objeto de conservación clave por la RNJ (Caro *et al.* 2007).

Ciclo biológico e historia natural

Los anuros se caracterizan por un evento conocido como metamorfosis, en el cual de los huevos surgen las crías en estado larvario, denominados renacuajos. Durante esta fase primero crecen las extremidades posteriores, las cuales pueden variar en tamaño lo que le permite agruparse en estadios larvales. Luego desarrollan las patas anteriores, y desde ese momento reciben el nombre de metamorfos, donde se produce el clímax metamórfico que concluye con la transformación de la larva en juvenil, hasta llegar a una etapa adulta (Gosner 1960, Kardong et al. 2007).

Los estudios realizados en vida silvestre sobre *Telmatobius macrostomus*, muestran que los huevos miden de 4 a 5 mm, mientras que los diferentes estadios de renacuajo alcanzan medidas de 45 a 202 mm, este gran tamaño es un ejemplo de lo que se conoce como fenómeno de gigantismo larval (Vellard 1951, 1952). Así mismo, Vellard (1952) estableció que los individuos de zonas altas (4600 m.) son un poco más grandes que las del lago Junín (4050 m.).

Se conoce que renacuajos, metamorfos, juveniles y adultos coexisten en todas las épocas del año, debido a su extenso desarrollo larvario y actividad reproductiva constante, posiblemente vinculado con la temperatura estable del agua (De Macedo 1950; Vellard 1951; Sinsch 1986, Watson et al. 2017b). Otros estudios destacan aspectos de su ciclo de vida con fines de cría en cautiverio (Becerra 2012), generalidades de su hábitat (De Macedo 1950), morfología (Camarena 1953, Manyari & Iannacone 2006), microbiológicos (Morales & Ramos 2012) y parásitos asociados (Iannacone & Manyari 2007).

La puesta de huevos de *T. macrostomus* ha sido reportada en plantas acuáticas sumergidas y sobre el fango, en la cual la hembra se va desplazando entre la vegetación

dejando grupos de ovas, donde la mayoría de estas se adhiere a las plantas acuáticas (Coronel & Rojas 2014).

Como parte de su dieta, los adultos de *T. macrostomus* se alimentaban de peces nativos del género *Orestias*, gasterópodos, como *Pisidium forbessi* (Philippi 1869), *Tropicorbis canonicus* (Cousin 1887) y de larvas de tricópteros (De Macedo 1950, Sinsch 1986), las conchas de los moluscos y los tubos de tricópteros eran excretados por la rana por completo. En la actualidad las ranas de los riachuelos se alimentan con una alta frecuencia de caracoles de la familia Physidae y crustáceos anfípodos de la familia Hyalellidae (Watson *et al.* 2017a).

Los individuos adultos de *Telmatobius macrostomus* eran encontrados en aguas profundas y tranquilas con lecho limoso de 1 a 5 metros de profundidad, con una profusa vegetación subacuática, entre macrófitas del género *Myriophyllum* o entre asociaciones poco tupidas de *Scirpus*, así también sobre plantas de *Chara* y el limo desnudo (De Macedo 1950). Ahora, probablemente los adultos prefieren hábitats libres de trucha con niveles intermedios de sustrato limo, y aguas que están relativamente limpias (Watson *et al.* 2017b).

Historia de su distribución

Telmatobius macrostomus, fue reportado por primera vez en la Montaña Vitoc, Colonia Amable María, región Junín (Peters 1873); sin embargo, la localidad tipo podría no ser la correcta, porque corresponde a una zona de bosque montano, por lo que se cree que los especímenes fueron traídos desde lagunas altoandinas aledañas al lugar (V. Pacheco comunicación personal). Entre los años 1873 y 1990 aproximadamente, algunas expediciones se llevaron a cabo y registran a la especie en el lago Chinchaycocha, lagunas y ríos alrededor (Peters 1873, De Macedo 1950, Sinsch 1986).

Las primeras colectas científicas de la especie para el Perú se dieron en 1950 por Hernando De Macedo, quien depositó y catalogó los primeros especímenes de la colección de científica de Herpetología del Museo de Historia Natural.

Durante los años siguientes, se observa una ampliación en la distribución de la especie probablemente con fines comerciales a lugares como La Huaycha (provincia de Concepción) y la Laguna de Paca (provincia de Jauja); sitios que fueron usados para la crianza de estas ranas (De Macedo 1950, Sinsch 1990b); paralelamente, también empezó su declive poblacional en otros ambientes, posiblemente por introducción de truchas.

En la última década del siglo XX, los pobladores asignan la declinación de las poblaciones de la rana gigante de Junín a factores como el fenómeno del Niño 97-98, contaminación minera, lluvia artificial ácida usando nitrato de plata, la construcción de la represa Upamayo y la polución urbana (Camacho 2001).

A inicios del año 2000, luego del declive, hubo un crecimiento en investigaciones *in situ* vinculados a esta especie, las que reportaron unos pocos individuos en riachuelos y lagunas que no habían sido avistados por los científicos, por más de 50 años (Camacho 2001, Chocano 2005, INRENA 2008, Loza & Mendoza 2017, Coronel & Rojas 2014, Castillo *et al.* 2016, Watson *et al.* 2015, 2017a).

Durante la última década, registros en las orillas del lago fueron hechos por guardaparques de la RNJ en el 2008, Coronel y Rojas (2014) y observaciones de voluntarios del Cuerpo de Paz mientras navegaban por el sector de Huayre – Carhuamayo (Watson comunicación personal).

Es conveniente agregar que en la actualidad, se desconoce la situación de las poblaciones de la rana gigante en las localidades de Jauja, Tarma, Huancayo, con una excepción en la provincia de Concepción, donde se detectó la presencia de un adulto en las

orillas del río Mantaro, durante una pesca de truchas (pobladores locales comunicaciones personales), despertando el interés para futuras expediciones.

Preferencia de microhábitat en telmatóbidos

El Perú cuenta con 27 especies de *Telmatobius* (Frost 2017), de los cuales se desconoce la descripción e historia natural de la mayor parte de ellos, existiendo poca información sobre su ecología espacial (De Macedo 1950, Sinsch 1990b, Vellard 1951, Genova 2011).

La mayoría de investigaciones se centran en taxonomía y sistemática mencionando aspectos ecológicos generales (Sinsch 1986, Wiens 1993, De La Riva 2005, Aguilar *et al.* 2007a, Aguilar *et al.* 2007b, Aguilar & Lehr 2009a, Aguilar *et al.* 2010a, Catenazzi & von May 2013, Tito *et al.* 2016) (Ver Tabla 1). A excepción de un extenso trabajo en renacuajos, metamorfos y adultos de *T. macrostomus*, el cual será discutido posteriormente (Watson *et al.* 2017b) y el desarrollado en renacuajos de *T. jelskii* (Catenazzi *et al.* 2013).

Los renacuajos se pueden agrupar en dos tipos: reófilos (*Telmatobius atahualpai* y *T. sanborni*) y no-reófilos (otras especies de *Telmatobius*). El primer grupo está adaptado para lugares con aguas de corriente alta y sustrato rocoso, con poca o nula vegetación (De la Riva 2005, Aguilar *et al.* 2007); mientras que las larvas no-reófilas habitan riachuelos con aguas calmadas o estancadas, pendientes bajas, zanjas de irrigación “acequias”, o lagos y lagunas (Lehr 2005).

Tabla 1. Microhábitats generales de renacuajos del género *Telmatobius*.

Especie	Microhábitats generales de renacuajos							Fuente
	Corriente baja y/o entre piedras	Aguas calmadas o estancadas	Corriente media o alta	Sustrato fangoso	Sustrato rocoso	Vegetación	Vegetación	
<i>T. atahualpai</i>			X		X			Aguilar <i>et al.</i> 2007a
<i>T. brevipes</i>		X					X	Wiens 1993
<i>T. brevirostris</i>	X	X						Aguilar <i>et al.</i> 2010a
<i>T. ignavus</i>					X			Wiens 1993
<i>T. jelskii</i>	X	X		X		X	X	Catenazzi & von May 2013, observ. pers.
<i>T. mantaro</i>					X			Tito <i>et al.</i> 2016
<i>T. mayoloi</i>	X	X				X		Aguilar & Lehr 2009a
<i>T. rimac</i>	X						X	Aguilar <i>et al.</i> 2007b
<i>T. sanborni</i>			X					De La Riva 2005
<i>T. truebae</i>		X						Wiens 1993
<i>T. ventriflavum</i>		X						Catenazzi <i>et al.</i> 2015

Se sabe que las larvas de *T. macrostomus* habitan aguas estancadas con fondo fangoso (Sinsch 1990b), pero se desconoce algún tipo de asociación específica. Hasta el momento solo han sido determinados sus hábitos alimenticios, en los que incluyen algas (Bacillariophyceae, Chlorophyta, Cyanophyta, Phyrrhophyta) y fragmentos de plantas acuáticas (De Macedo 1950, Guevara 1991).

Relación entre parámetros abióticos y bióticos

La organización de una comunidad está gobernada por una serie de procesos que pueden ser regidos por interacciones bióticas de competencia o depredación; o por factores abióticos o físicos, tales como temperatura, pH, movimiento del agua, entre otros (ver Fig. 1), al estar enlazados con la fisiología de las organismos, la segregación de hábitats y distribución de las especies (Dunson & Travis 1991, Lunghi *et al.* 2015, Darwell *et al.* 2016).

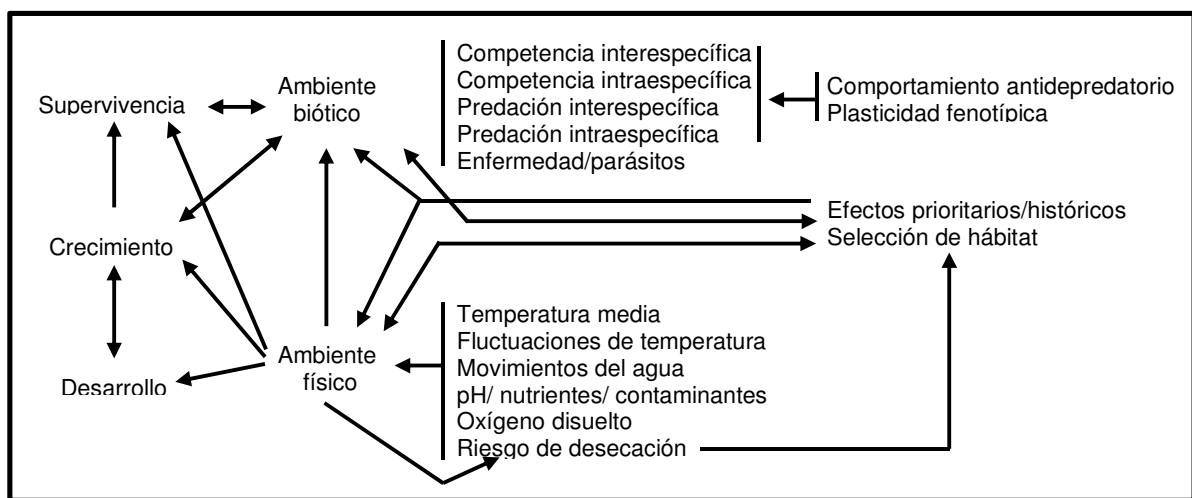


Figura 1. Gráfico adaptado de McDiarmid & Altig (1999), donde resumen los factores que afectan la etapa de renacuajo de anfibios anuros.

Dunson y Travis (1991), también mencionan que las especies caracterizadas por rigurosos ambientes (altas temperaturas, bajo oxígeno, entre otros) son usualmente competidores ecológicos débiles, conllevando a un tipo de especialización originada desde una forma generalista. A la vez, las variables ambientales conectadas al nicho de una especie, deben ser escogidas en base al conocimiento de su historia natural.

El lago Chinchaycocha

El lago Junín es el segundo humedal altoandino más extenso del Perú y uno de los principales tributarios del río Amazonas, ubicado en las regiones de Junín y Pasco. Alberga especies endémicas únicas de flora y fauna que son valoradas por la comunidad científica, el lago conforma la mayor parte de la extensión de la Reserva Nacional de Junín (INRENA 2008) y es reconocido por la Convención Ramsar como humedal de importancia internacional por ser un hábitat para una alta diversidad de aves y encontrarse entre los ecosistemas más productivos del Perú y el mundo (Ramsar 1997, INRENA 2008, SERNANP 2012). A pesar de ello, está sometido a una elevada presión antropogénica, afectando el estado poblacional de muchas especies en esta área semi-natural (Ríos & Cisneros 2010, Robdell *et al.* 2014); la alteración de los cuerpos de agua asociados, repercuten de manera directa en las poblaciones que dependen de ella, como es el caso de los anfibios presentes.

4. METODOLOGÍA

4.1 Área de estudio

El presente estudio se realizó en siete afluentes y un canal artificial del lago Chinchaycocha (Fig. 2), los cuales fueron designados como estaciones (E01 – E08) y localizados en los distritos de Carhuamayo, Ondores y Junín de la región Junín en la Reserva Nacional de Junín (RNJ), su zona de amortiguamiento y fuera de la RNJ.

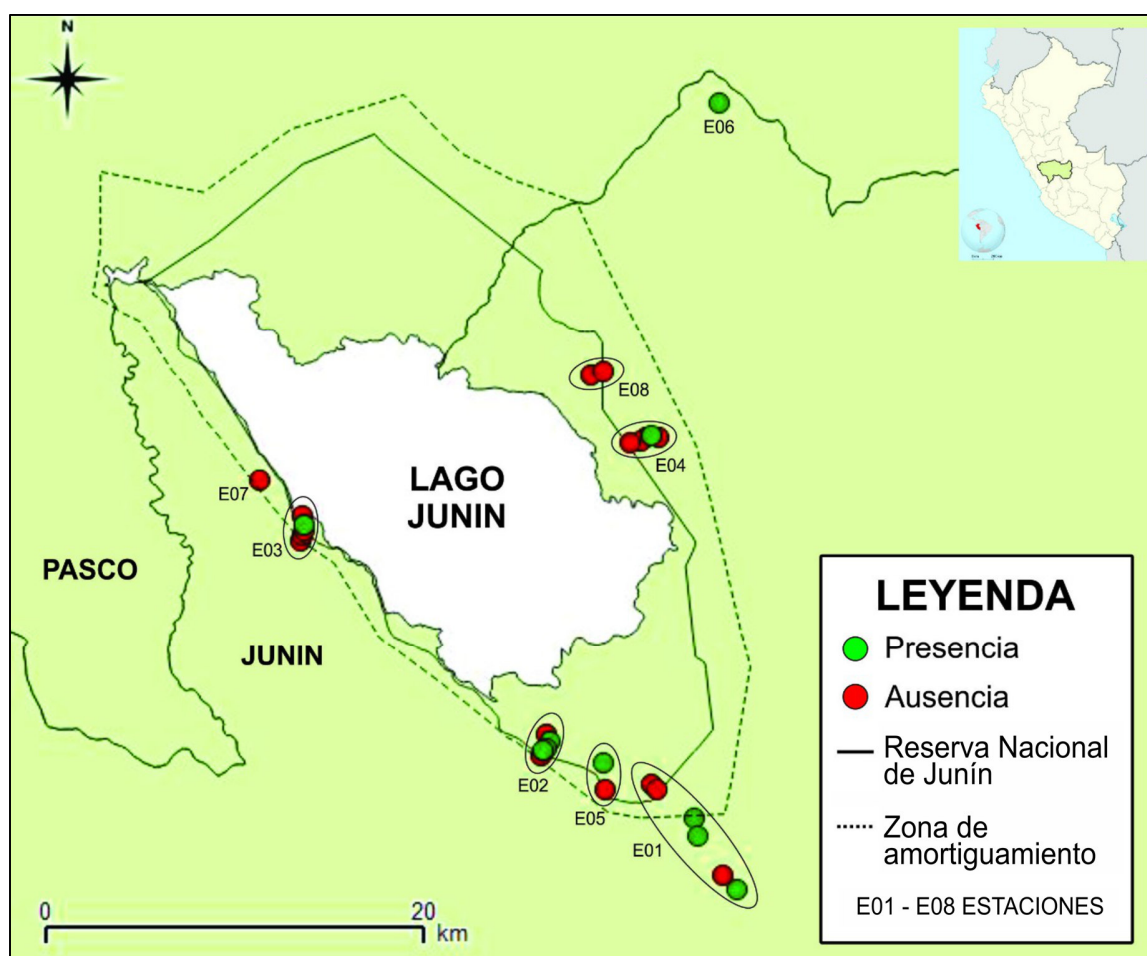


Figura 2. Mapa del área de estudio. Círculos verdes = subestaciones con presencia de renacuajos. Círculos rojos = subestaciones con ausencia de renacuajos.

Las estaciones son descritas a continuación:

Estación Chacachimpa (E01)

Localizada al sur del lago Chinchaycocha (Fig. 2), presenta un caudal perenne, un ancho y profundidad promedio de 8 metros y 70 centímetros respectivamente, con un sustrato tipo limo y vegetación en la orilla (Fig. 3). Afectada por aguas servidas y ganadería. Se evaluaron un total de seis subestaciones: Ch_1, Ch_2, Ch_3, Ch_4, Ch_5, Ch_6.



Figura 3. A la izquierda, subestación Ch_1, presencia de residuos sólidos. A la derecha, subestación Ch_6, presenta alteración del hábitat por paso de ganadería.

Estación Paccha (E02)

Localizada al suroeste del lago Chinchaycocha (Fig. 2), presenta un caudal perenne, un ancho y profundidad promedio de 2 m y 55 cm respectivamente, con un sustrato tipo limo y vegetación en la orilla (Fig. 4). Afectada por la ganadería y vías vehiculares. Se evaluaron un total de cinco subestaciones: Pac_1, Pac_2, Pac_3, Pac_4, Pac_5.



Figura 4. A la izquierda, subestación Pac_5, a 50 metros de la carretera Junín - Ondores. A la derecha, subestación Pac_2, bebedero de ganado, con alta sedimentación.

Estación Palomayo (E03)

Localizada al oeste del lago Chinchaycocha (Fig. 2), presenta un caudal perenne, un ancho y profundidad promedio de 1 m y 40 cm respectivamente, con un sustrato tipo limo y vegetación en la orilla (Fig. 5). Alterada por la ganadería. Se evaluaron en total cinco subestaciones: Pal_1, Pal_2, Pal_3, Pal_4, Pal_5.



Figura 5. A la izquierda, subestación Pal_4, hábitat alterado por ganadería y uso como lavadero de ropa. A la derecha, subestación Pal_2, hábitat alterado por ganadería.

Estación Huayricucho (E04)

Localizada al este del lago Chinchaycocha (Fig. 2), presenta un caudal perenne, un ancho y profundidad promedio de 1 m y 40 cm respectivamente, con un sustrato tipo limo y vegetación en la orilla (Fig. 6). Alterada por aguas servidas, ganadería y agricultura. Se evaluaron en total cinco subestaciones: Huay_1, Huay_2, Huay_3, Huay_4, Huay_5.



Figura 6. A la izquierda, subestación Huay_1, afectado por abundante sedimentación y aguas servidas. A la derecha, subestación Huay_4, hábitat alterado por la ganadería, elaboración de chuño, y perpendicular a la carretera central a 10 metros.

Estación Huarmipuerto (E05)

Localizada al suroeste del lago Chinchaycocha (Fig. 2), presenta un caudal perenne, un ancho y profundidad promedio de 8 m y 75 cm respectivamente, con un sustrato tipo limo y vegetación en la orilla (Fig. 7). Afectado por la ganadería. Se evaluaron dos subestaciones: Huar_1, Huar_2.



Figura 7. A la izquierda, subestación Huar_2, aguas termales. A la derecha, subestación Huar_1, alta sedimentación.

Estación Yanacocha (E06)

Localizada en el Caserio Shalipaico al noreste del lago Chinchayocha (Fig. 2), afluente de la laguna Yanacocha, el cual da origen al río Carhuamayo, afluente del lago Junín, presenta un caudal perenne, un ancho y profundidad promedio de 2.5 m y 95 cm respectivamente, con un sustrato tipo limo y vegetación en la orilla (Fig. 8). Alterada por la ganadería. Se evaluó una subestación: Yan_1.



Figura 8. Yan_1, única subestación evaluada, presenta alta sedimentación y reducida vegetación sumergida.

Estación InkaPirka (E07)

Localizada al noroeste del lago Chinchayocha (Fig. 2), presenta un caudal perenne, un ancho y profundidad promedio de 2 m y 60 cm respectivamente, con un sustrato rocoso y vegetación en la orilla (Fig. 9). Afectada por el uso de detergentes. Se evaluó una subestación: Ink_1.



Figura 9. Ink_1, única subestación evaluada, aguas usadas para lavar ropa.

Estación Chuyroc (E08)

Localizada al noreste del lago Chinchaycocha (Fig. 2), canal artificial de agua empozada proveniente del lago, con un ancho y profundidad promedio de 3 m y 25 cm respectivamente, con un sustrato tipo limo y vegetación en la orilla (Fig. 10). Alterados por la modificación de cauce. Se evaluaron dos subestaciones: Chuy_1, Chuy_2.



Figura 10. A la izquierda, subestación Chuy_2, canal ampliado, presencia de residuos sólidos. A la derecha, subestación Chuy_1, canal ampliado.

Para este trabajo se obtuvieron las autorizaciones de investigación y que fueron otorgados por el SERNANP (RJ N°005-2016-SERNANP-RNJ-JEF) y SERFOR (RDG N° 285-2016-SERFOR/DGGDPFFS).

4.2 Condiciones climáticas

En todas las subestaciones se estimaron las siguientes variables ambientales: Nubosidad, lluvia, neblina (por observación) y se calculó la temperatura ambiental y humedad relativa usando un Termohigrómetro BOECO -15°C a 150°C; para la irradiancia UV, un equipo Portable UV Checker Atmospheric Light Meter.

Tabla 2. Parámetros ambientales generales (n=27 subestaciones).

Temperatura ambiental (°C)	Media	16.6
	Rango	< 6 – 27 >
	SD	± 6.44
Humedad Relativa (%)	Media	46.6
	Rango	< 30 – 79 >
	SD	± 15.26
Nubosidad (%)	Media	20
	Rango	< 0 – 100 >
	SD	± 28
Irradiación (mW/m²)	Media	143 (6)
	Rango	< 0.36 (1) - 235 (9) >
	SD	± 57.38

Las temperaturas ambientales fueron de 6°C por la mañana hasta 27 °C por la tarde y una humedad relativa entre 30 y 79%; no se reportaron lluvias, ni neblinas, el porcentaje de nubosidad varió de 0 a 100 %, típico de puna de la región Junín en verano previo a la temporada de heladas.

Los niveles de radiación ultravioleta estuvieron entre los rangos de 0.36 mW/m² (Nivel 1 - bajo) a 235 mW/m² (Nivel 9 – muy alto). La media, rango y desviación estándar (SD) de las variables ambientales están representados en la Tabla 2.

4.3 Metodología de muestreo

Se realizó la evaluación del 11 al 22 de julio del 2016, en la época seca. Las estaciones fueron divididas en subestaciones de 50 metros de longitud. Las subestaciones se seleccionaron al azar antes del muestreo y estaban separadas por un mínimo de 300 m una de otra para mantener su independencia (Rueda *et al.* 2006). Debido al difícil acceso, solo se evaluaron sitios con una profundidad menor a 125 cm.

Todas las subestaciones fueron evaluadas de menor a mayor (Ej: al Pal_1 al Pal_5); en otras palabras, del punto más cercano al lago (Pal_1) al más lejano (Pal_5).

En la estación E01 se seleccionaron seis subestaciones, y en los E02, E03 y E04, cinco respectivamente, porque existía un registro de presencia de renacuajos (Watson *et al.* 2015) y se decidió evaluar si existían diferencias entre las mismas. En las estaciones E05, E06, E07 y E08 se evaluaron una o dos subestaciones (Fig. 7-10) por considerarse sitios probables con renacuajos (pobladores locales comunicaciones personales).

En cada subestación se establecieron parcelas de 1 x 1 m, denominados cuadrantes, también seleccionados al azar, para caracterizar y comparar los microhábitats (Rueda-Solano *et al.* 2015). En subestaciones con un ancho promedio de un metro, se evaluaron un

mínimo de 10 cuadrantes, con 2 metros hasta 20 cuadrantes, y así sucesivamente hasta las subestaciones que presentaron 10 m aproximadamente de ancho, donde se evaluó un total de 100 cuadrantes (Fig. 11).



Figura 11. Subestación dividida en cuadrantes. El número 1 indica el primer cuadrante de la evaluación, las flechas indican la dirección de la corriente del agua.

4.4 Evaluación de parámetros de los microhábitats

Las evaluaciones se llevaron a cabo entre las 9:00 am y 5:00 pm. En cada subestación se evaluaron las siguientes parámetros fisicoquímicos: temperatura del agua, sólidos disueltos totales (TDS), conductividad, salinidad y pH, los cuales fueron tomados de manera superficial, a 50 cm de la orilla aproximadamente, con un multiparámetro marca Extech PH100. El porcentaje de oxígeno saturado (% OS) fue medido con el equipo EZODO 7031 y finalmente se usó el disco Secchi para la transparencia del agua.

Para cada cuadrante se estimó el porcentaje (múltiplo de 5) de cobertura superficial y vegetación sumergida usando como referencia un cuadrante de madera de 1 x 1 m. Se calculó la distancia aproximada a la orilla (0, 1, 2 metros a más), la profundidad, el tipo de sustrato (arcilla, limo, arena, grava o piedra) y el nivel estimado de la corriente de agua (baja, media o alta).

Los renacuajos fueron capturados usando redes cuchara “dip-net” moviendo en la dirección río-arriba – “contracorriente”, y examinando cuidadosamente todos los espacios disponibles, como lo indica Watson *et al.* (2017b). La evaluación en campo se llevó a cabo

por uno o dos evaluadores, entre aproximadamente por una a dos horas. Durante la búsqueda también se registró la presencia o ausencia de peces del género *Orestias*, *Trichomycterus oroyae* (Eigenmann & Eigenmann 1889) y *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum 1792).

Las plantas acuáticas encontradas junto a los renacuajos al momento de la búsqueda fueron colectadas y depositadas en frascos de 200 ml., con formol al 7%, para la posterior identificación de las mismas y del perifiton asociado.

4.5 Procesamiento de datos

Para todos los estadísticos desarrollados se usó el programa PAST 3.15 (Hammer *et al.* 2001).

4.5.1 Comparación entre subestaciones

Análisis multivariado

El primer análisis de componentes principales (ACP) se desarrolló para establecer diferencias entre las subestaciones con presencia y ausencia. Se usaron las variables: ancho de la subestación, temperatura del agua, TDS, pH, % oxígeno saturado, porcentaje de vegetación sumergida, porcentaje de cobertura superficial y profundidad (previamente transformadas a logaritmo); las variables conductividad, salinidad no fueron incluidas por presentar una correlación mayor a 95% con el TDS. Solo en este ACP se excluyó la subestación Pal_1, la cual había sufrido la limpieza de canal, perdiendo gran parte de su vegetación riparia.

Finalmente para todas las subestaciones, se realizó un análisis de agrupamiento clásico (Cluster), usando el índice de similaridad de Gower.

Análisis univariado

Se realizó la comparación entre las medias de las subestaciones con presencia y ausencia de renacuajos de *Telmatobius macrostomus*, usando la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, previa evaluación del contraste de normalidad con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. La vegetación sumergida, cobertura superficial y profundidad fueron analizadas como promedios.

4.5.2 Comparación entre cuadrantes

Solo fueron seleccionadas las subestaciones Pal_2, Pac_3 y Pac_4 por presentar mayor abundancia de renacuajos.

Análisis multivariado

Solo para la subestación Pal_2 (mayor abundancia de renacuajos), se desarrolló un análisis escalamiento multidimensional no-métrico (NMMS-siglas en inglés) debido a la heterogeneidad de sus variables categóricas, contrario a las subestaciones Pac_3 y Pac_4. Se usaron las variables cuantitativas no transformadas (% cobertura superficial, % vegetación sumergida y profundidad) y se incorporaron tres categóricas (presencia de *Orestias* spp., tipo de sustrato y nivel de la corriente).

El NMMS de la subestación Pal_2 fue contrastado con un análisis de similaridad (ANOSIM) basado en 10000 permutaciones al azar de la matriz de disimilaridad. La visualización de patrones del NMMS se ejecutó con el índice de Gower, recomendado para data con variables cualitativas (Gower 1967). Los valores de Stress ($1.5 \leq S < 0.2$) indican una buena ordenación con un pobre ajuste y de interpretación engañosa (Clarke & Warwick 2001).

Análisis univariado

Se compararon los cuadrantes con presencia y ausencia de renacuajos de la subestación Pal_2, Pac_3 y Pac_4. Para el análisis se usaron las medias de las variables cuantitativas (% vegetación sumergida, % cobertura superficial y profundidad), mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Es adecuado agregar que en algunos cuadrantes fueron encontrados dos renacuajos, pero para el análisis solo se tomó en cuenta su presencia.

4.5.3 Descripción de microhábitat

Análisis multivariado - subestaciones

Se realizó un segundo ACP entre las subestaciones con presencia de renacuajos y se usó la tabla de cargas de los Componentes 1 y 2 para identificar las variables fuertemente asociadas.

Análisis univariado - subestaciones

Se determinaron los valores mínimos, máximos y promedios de los parámetros fisicoquímicos y biológicos del microhábitat entre las subestaciones con presencia de renacuajos.

Análisis univariado - cuadrantes

Se elaboraron tablas de frecuencia de ocurrencia para las variables distancia a la orilla, tipo de sustrato, corriente de agua y de los potenciales competidores acuáticos: *Orestias* spp., *Trichomycterus oroyae* y depredadores: *Oncorhynchus mykiss* en cuadrantes con presencia de renacuajos, y caracterizar en valores porcentuales el microhábitat usado por *Telmatobius macrostomus*.

El perifiton colectado fue identificado en el Laboratorio de Ecología acuática de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, agrupados taxonómicamente usando el *Algae Base* (Guiry & Guiry 2017) y representado en un gráfico tipo circular “pastel”.

También se realizaron histogramas de 4 a 6 intervalos entre la abundancia de los renacuajos y las variables evaluadas.

5. RESULTADOS

5.1 Distribución y abundancia dentro del área de estudio

En esta investigación de un total de 27 sitios evaluados, se reportaron diez nuevos lugares (subestaciones) ocupadas como mínimo por un individuo (Tabla 3). Lo que indica un promedio de ocupancia de 37% por los renacuajos de *Telmatobius macrostomus*.

También, se observa que dentro de una estación con cinco o más áreas de muestreo, los renacuajos de *T. macrostomus* no se encontraron distribuidos en todas las subestaciones (Fig. 1).

En la Reserva Nacional de Junín y su zona de amortiguamiento, el sector sur cuenta con la mayor parte de registros de renacuajos. Mientras en la parte noreste, la estación E06, punto cercano a los límites con la región Pasco, es considerado el registro de presencia más alejado de la RNJ para el presente trabajo.

Un total de 1137 cuadrantes fueron evaluados y se registró la presencia de 34 renacuajos de *Telmatobius macrostomus* en 29 de ellos (5 cuadrantes con dos renacuajos cada uno). De las estaciones evaluadas, Paccha presentó la mayor abundancia (n=13) en tres subestaciones; seguida de la estación Palomayo (n=10) en solo una subestación (Tabla 3).

También es conveniente considerar que las estaciones Huayricucho y Chacachimpa fueron las únicas que registraron la presencia de cinco metamorfos en total, junto a renacuajos. En la subestación Ch_3 (Chacachimpa), los renacuajos se encontraron junto a un individuo juvenil de *Telmatobius macrostomus*. Mientras, a unos metros de la subestación Pal_5 (Palomayo) se capturó un adulto, más no renacuajos o metamorfos.

Tabla 3. Abundancia de renacuajos por subestación y estación.

Estación	Subestación	N° Renacuajos
Chacachimpa	Ch_3	3
	Ch_4	1
	Ch_6	2
Paccha	Pac_2	2
	Pac_3	7
	Pac_4	4
Palomayo	Pal_2	10
Huayricucho	Huay_4	2
Huarmipuerto	Huar_1	1
Yanacocha	Yana_1	2
	Total:	34

También se reporta la presencia de un renacuajo de *Telmatobius brachydactylus* “wancha de Junín” en la E02 (específicamente en Pac_5), en la parte suroeste del lago, única subestación de Paccha fuera del área núcleo de la RNJ.

5.2 Microhábitats a nivel de subestación

5.2.1 Vegetación acuática

La vegetación que predomina en las riberas son los pastizales, césped de puna y plantas herbáceas. Los renacuajos de *Telmatobius macrostomus* fueron encontrados en áreas con presencia de vegetación acuática sumergida como *Myriophyllum* sp. “cola de zorro”, emergentes como *Hydrocotyle* sp. “sombrero de sapo” y *Scirpus* sp. “totora”. Estas especies, en conjunto con otras de menor abundancia, se presentaron a lo largo de los transectos evaluados, a excepción de *Scirpus* sp. que solo estuvo presente en Ch_3, Huar_1 y Huar_2.

Las subestaciones evaluadas se caracterizaron por un alto porcentaje de vegetación sumergida (21 subestaciones $\geq 50\%$) y cobertura superficial (22 subestaciones $\geq 50\%$) (Anexo A). En algunos casos formaban amplios colchones de plantas sumergidas que salían hasta la superficie (Ch_1 o Ch_4) o porciones de riachuelos desnudos casi en su totalidad (Pal_1).

5.2.2 Subestaciones con presencia y ausencia de renacuajos

En el primer ACP, los Componentes 1 y 2 acumulan una varianza total de 71.61%, donde las mayores cargas las presentaron el ancho promedio con 0.93 y la profundidad con 0.18 para el Componente 1; nuevamente la profundidad con 0.94 y el % de cobertura superficial con 0.17 para el Componente 2.

La figura 12 indica que no se forman grupos aislados entre las subestaciones con presencia y ausencia.

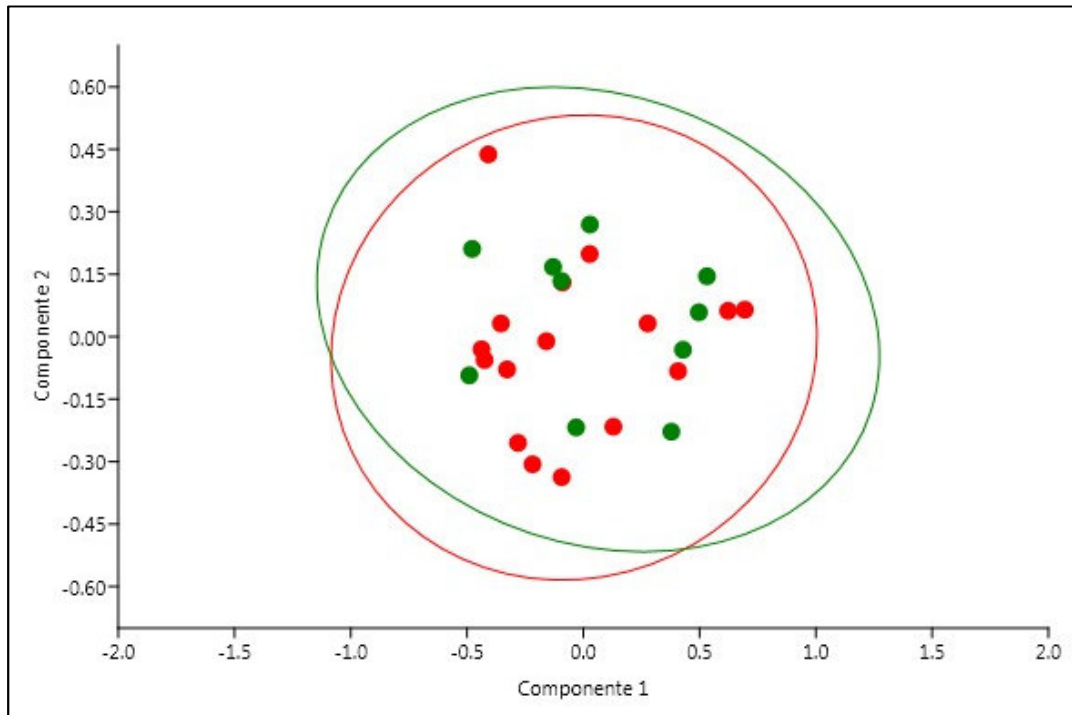


Figura 12. Análisis de Componentes Principales. Círculos verdes = subestaciones con renacuajos, círculos rojos = subestaciones sin renacuajos.

El dendograma del análisis de agrupamiento clásico representa las subestaciones de ausencia y presencia de renacuajos desagrupadas en una distancia menor a 0.40; mientras que a una distancia menor a 0.20, se agrupan algunas subestaciones con y sin renacuajos pertenecientes a diferentes estaciones.

También se observa que las subestaciones sin renacuajos: Pal_1 (impactada por limpieza de orillas); seguido por Huay_1 (alta sedimentación), y la subestación Chuy_1 (canal artificial) más distintas a los otros sitios (Fig. 13).

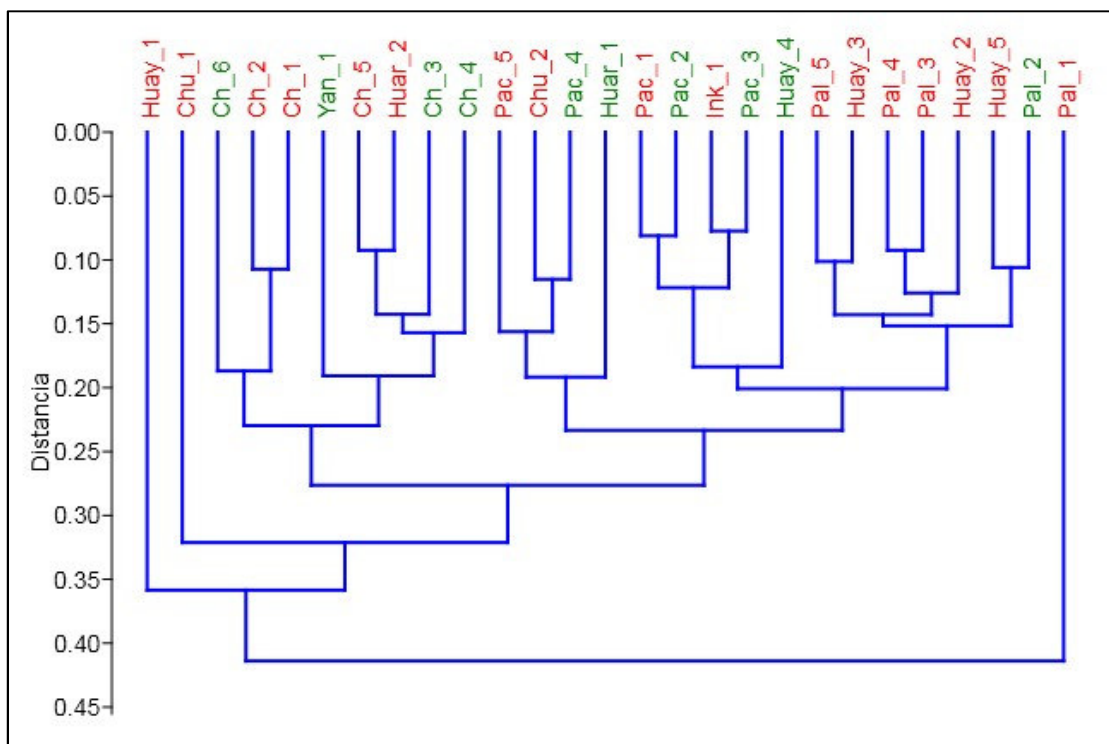


Figura 13. Análisis de cluster clásico entre subestaciones con presencia de renacuajos (verde) y ausencia de renacuajos (rojo).

Acerca de este resultado, se encontró que la subestación Chuy_1 del canal artificial Chuyroc (sin renacuajos) presentaba valores anómalos, donde el pH fue de 10.2, mientras que los TDS, conductividad y salinidad fueron los más bajos (179, 246, 121 respectivamente) con una profundidad de 24 cm. Los datos obtenidos del resto de subestaciones con ausencia de renacuajos se traslapan con los de presencia.

Todas las variables comparadas no mostraron diferencias significativas entre la presencia o ausencia de renacuajos en las 27 subestaciones (Tabla 4).

Tabla 4. Comparación entre medias de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de las subestaciones con y sin de renacuajos.

Parámetros fisicoquímicos y biológicos	Ausencia (n=17)	Presencia (n=10)	p-value <0.05 (Kruskal-Wallis)
Temp. agua (°C)	11.89 ± 3.38	12.02 ± 4.59	0.86
pH	8.48 ± 0.58	8.28 ± 0.28	0.37
TDS (mg/L)	253.06 ± 37.81	256.3 ± 42.84	0.76
Conductividad (μS/cm)	356.82 ± 56.84	367.9 ± 62.79	0.55
Salinidad (ppm)	170.47 ± 26.74	171.9 ± 30.17	0.73
OD saturado (%)	41.46 ± 11.07	43.64 ± 7.63*	0.65
Cobertura Superficial (%)	61.61 ± 18.74	60.95 ± 22.46	0.96
Vegetación sumergida (%)	70.22 ± 23.88	69.82 ± 21.85	1
Profundidad (cm)	49.42 ± 20.10	60.27 ± 22.76	0.18
Ancho promedio (cm)	326.47 ± 75.26	415 ± 91.61	0.21
* n=9			

5.3 Microhábitats a nivel de cuadrante

5.3.1 Cuadrantes con o sin ocurrencia de renacuajos

La mayor ocurrencia de renacuajos se dio en la subestación Pal_2 (Tabla 5A), lo cual proporcionó un mejor análisis de NMMS, el cual diferencia dos grupos, uno con presencia y el otro con ausencia de renacuajos en la Pal_2 (Fig. 14, Tabla 5A). El contraste del NMMS, nos permitió encontrar diferencias significativas entre ambos grupos (ANOSIM R=0.50, p=0.0004).

Las variables que permitieron esta diferencia en Pal_2 fueron los aproximados 50% de cobertura superficial, 75% de vegetación sumergida y 40 cm de profundidad de promedios para los cuadrantes con presencia (Tabla 5A).

Por el contrario, Pac_3 y Pac_4 presentaron una falta de diferencias significativas (Tabla 5B y 5C).

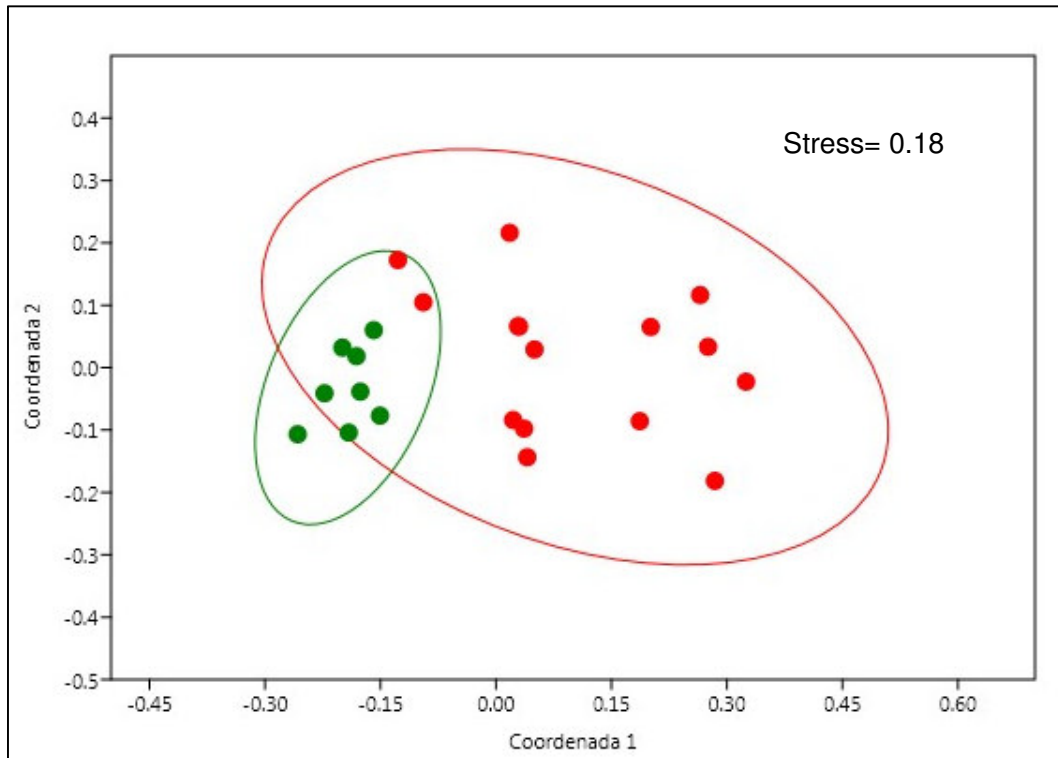


Figura 14. Análisis de escalamiento multidimensional no-métrico de la subestación Pal_2. Círculos verdes=presencia, círculos rojos=ausencia.

A pesar que los valores de significancia se redujeron (comparados con el análisis a nivel de subestaciones), estos no fueron relevantes.

También se resalta que en Pac_4 se encontró el registro de menor profundidad, 25 centímetros, con presencia de renacuajos.

Tabla 5. (A, B y C) Comparación entre los parámetros cobertura superficial, vegetación sumergida y profundidad entre cuadrantes con ocurrencia de renacuajos en tres subestaciones: Pal_2 (A), Pac_3 (B), Pac_4 (C).

A	Subestación Pal_2*		
Características de microhábitat	Presencia (n=8)	Ausencia (n=15)	p-value <0.05 (Kruskal-Wallis)
Cobertura Superficial (%)	48.75 <20 – 80>	24.67 <0 – 80>	0.03
Vegetación sumergida (%)	73.75 <20 – 80>	41 <0 – 100>	0.04
Profundidad (cm)	40 <30 – 45>	32 <25 – 40>	0.003
*23 cuadrantes evaluados			

B	Subestación Pac_3*		
Características de microhábitat	Presencia (n=6)	Ausencia (n=24)	p-value <0.05 (Kruskal-Wallis)
Cobertura Superficial (%)	85.71 <50 - 100>	85 <50 – 100>	0.71
Vegetación sumergida (%)	85.71 <50 - 100>	90.63 <50 – 100>	0.89
Profundidad (cm)	71.43 <45 – 90>	62.08 <40 – 80>	0.16
*30 cuadrantes evaluados			

C	Subestación Pac_4*		
Características de microhábitat	Presencia (n=3)	Ausencia (n=27)	p-value <0.05 (Kruskal-Wallis)
Cobertura Superficial (%)	90 <80 – 100>	84.07 <5 – 100>	0.92
Vegetación sumergida (%)	100 <100 - 100>	91.30 <50 – 100>	0.23
Profundidad (cm)	28.75 <25 – 30>	26.85 <20 – 40>	0.28
*30 cuadrantes evaluados			

5.4 Descripción de microhábitat

5.4.1 En subestaciones

El cuadro resumen del segundo ACP incluyó todas las variables (también la conductividad y salinidad) y mostró que las principales características que distinguen las subestaciones con renacuajos fueron el ancho promedio, porcentaje de cobertura superficial y vegetación sumergida, la profundidad, porcentaje de oxígeno saturado y la temperatura del agua (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados del Análisis de Componentes Principales para las subestaciones con presencia de renacuajos en los dos primeros componentes.

Variables	Cargas de componentes	
	Componente 1	Componente 2
Ancho promedio (cm)	0.84246	-0.38506
Temp. Agua °C	-0.43663	-0.4987
TDS (mg/L)	-0.11194	0.023224
Conductividad (μS/cm)	-0.12626	0.023996
Salinidad (ppm)	-0.019053	0.021294
pH	-0.019053	-0.0080831
% OS	-0.14659	-0.038746
Cobertura superficial (%)	0.075876	0.63727
Vegetación sumergida (%)	0.11605	0.43327
Profundidad (cm)	0.13143	0.07779
Varianza (%)	46.924	24.678
Varianza acumulada	46.924	71.602

El análisis univariado reveló por cada subestación que la temperatura del agua, cobertura superficial, vegetación sumergida y la profundidad fueron las variables que presentaron mayor variación en comparación con los parámetros fisicoquímicos como el pH, sólidos disueltos totales, conductividad, salinidad y porcentaje de oxígeno saturado (Tabla 7).

Tabla 7. Análisis univariado de los parámetros evaluados en las subestaciones con renacuajos.

Parámetros fisicoquímicos y biológicos	Mínimo	Máximo	Promedio	Coeficiente de variación
Temp. agua (°C)	3.02	19.3	12.02 ± 4.59 (n=10)	38.23
pH	7.81	8.66	8.28 ± 0.28 (n=10)	3.41
TDS (mg/L)	198	340	256.3 ± 42.84 (n=10)	16.71
Conductividad (µS/cm)	289	487	367.9 ± 62.79 (n=10)	17.07
Salinidad (ppm)	129	231	171.9 ± 30.17 (n=10)	17.55
Oxígeno saturado (%)	34.5	55	43.64 ± 7.63 (n=9)	17.49
Cobertura Superficial (%)	21.65	87.78	60.95 ± 22.46 (n=10)	36.85
Vegetación sumergida (%)	40	95	69.82 ± 21.85 (n=10)	31.30
Profundidad (cm)	27	94.5	60.27 ± 22.76 (n=10)	37.80
Ancho (cm)	100	800	415 ± 91.61 (n=10)	69.80

El ancho de las subestaciones fue el parámetro que varió más (CV=69.80), seguido por la temperatura del agua (CV=38.23) y su valor mínimo fue registrado a las 9:10 am en la subestación Ch_6, en este punto las orillas del río estaban congeladas superficialmente y justo debajo fue encontrado un renacuajo de *T. macrostomus*. Por otro lado, se encontró un individuo a 19.3 °C en la subestación Huar_1 a las 12:30 pm, donde la temperatura ambiental superaba los 20°C.

El pH registrado fue neutro a ligeramente básico con valores poco variables entre 7.81 y 8.66, debido a la naturaleza del parámetro (0 a 14). Los parámetros de conductividad, salinidad y TDS tuvieron una variabilidad media, comparada con el resto, al igual que la saturación del oxígeno.

Los porcentajes promedio de cobertura superficial y vegetación sumergida también presentaron una alta variabilidad, este último no fue menor al 40%. La profundidad de las subestaciones igualmente varió (CV= 37.80), las orillas fueron menos profundas respecto al canal central.

5.4.2 En cuadrantes

Los individuos fueron encontrados en cuadrantes evaluados en la orilla (n=34), ninguno a más de un metro, dentro de la vegetación sumergida y algunos en agujeros riparios. El sustrato del microhábitat de los renacuajos tiene una frecuencia de ocurrencia de 91.2% (n=31) en el limo

Los renacuajos encontrados en grava y arcilla pertenecían a las subestaciones Pac_4 y Huay_4 respectivamente. El agua fue transparente en su totalidad y el nivel de la corriente fue baja en las orillas. Algunas secciones de las subestaciones presentaban una corriente media a alta pero no tenían renacuajos (Tabla 8).

Tabla 8. Frecuencia de ocurrencia de renacuajos según características físicas del hábitat.

Variable	Categorías	Frecuencia de Ocurrencia
Distancia a la orilla	0 m.	1.000 (n=34)
	1 m.	0.000 (n=0)
	2 m.	0.000 (n=0)
	3 m.	0.000 (n=0)
	4 m.	0.000 (n=0)
	5 m.	0.000 (n=0)
Sustrato	Arcilla	0.029 (n=1)
	Limo	0.912 (n=31)
	Arena	0.000 (n=0)
	Grava	0.059 (n=2)
	Piedra	0.000 (n=0)
Corriente	Baja	1.000 (n=34)
	Media	0.000 (n=0)
	Alta	0.000 (n=0)
Cuadrantes con presencia de dos renacuajos fueron tomados como cuadrantes independientes.		

El microhábitat de *Telmatobius macrostomus* presentó peces del género *Orestias* en 27 de 29 cuadrantes evaluados, y en todas las subestaciones con renacuajos. La segunda especie nativa, *Trichomycterus oroyae*, no fue encontrada en ningún cuadrante con renacuajos. No se reportó presencia de *Oncorhynchus mykiss* en los cuadrantes y subestaciones (Tabla 9 y Anexo A).

Tabla 9. Frecuencia de ocurrencia de renacuajos ante potenciales competidores y/o depredadores.

Presencia de renacuajos con:	Frecuencia de Ocurrencia
<i>Orestias</i> spp.	0.93 (n=27)
<i>Trichomycterus oroyae</i>	0.00 (n=0)
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	0.00 (n=0)
Se evaluó la frecuencia en base a los 29 cuadrantes.	

Junto con los renacuajos, se observó una abundancia de peces del género *Orestias*, probablemente *O. empyraeus*, generalmente más de un individuo en las dip-net durante la colecta que en promedio medían cuatro centímetros, los cuales se contrastaban con especímenes grandes (12 cm aproximadamente) en algunas subestaciones del Chacachimpa (Ch_3, Ch_6), pero no en los cuadrantes con renacuajos. Los individuos de mayor tamaño podrían corresponder a otra especie del mismo grupo.

Por otro lado, especímenes de la especie *Trychomycterus oroyae* medían en promedio seis centímetros y fueron menos abundantes que *Orestias* spp., solo un individuo en las dip-net y en tres subestaciones (Huay_4, Huar_1 y Huar_2).

5.4.1.1 Perifiton

Los renacuajos estaban asociados al perifiton conformado por una alta diversidad de diatomeas - phylum Bacillariophyta (Fig. 15, Anexo B). Las especies más abundantes fueron *Cocconeis placentula* (presente en todos los cuadrantes colectados), *Navicula* sp. *Ulnaria ulna* y *Achnantidium* sp.

La diversidad de especies fue diferente entre los cuadrantes y subestaciones, cabe destacar la presencia abundante de *Melosira varians* únicamente en tres cuadrantes de la subestación Huay_4. En el grupo de las Cyanophyta, el género *Chroococcus* fue encontrado solamente en la subestación Ch_3.

Se resalta la baja abundancia de organismos del género *Epithemia*.

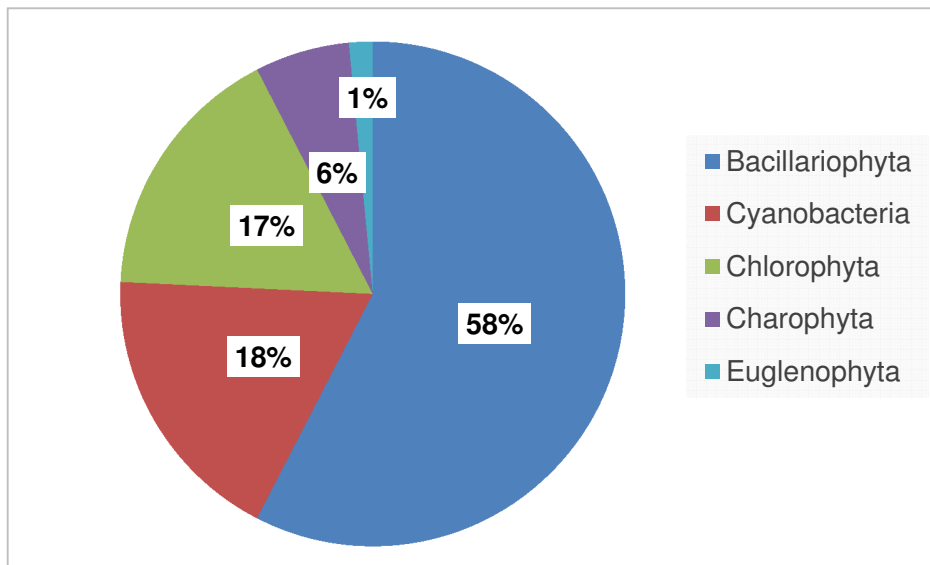


Figura 15. Porcentaje de especies de algas por phylum.

También se registró la presencia de nemátodos, algunos protozoos y rotíferos como *Centropyxis* sp. y *Lepadella* sp., respectivamente.

5.4.1.2 Abundancia de renacuajos y parámetros de los microhábitats

La abundancia de *T. macrostomus* estaba asociada a los rangos medios (intervalos 2 al 4) para la conductividad, salinidad, TDS, % OD y temperatura del agua (Fig. 16), a excepción del cuarto intervalo en el pH, con un renacuajo.

Los intervalos segundo y último del porcentaje de cobertura vegetal y vegetación sumergida fueron los que presentaron mayor abundancia de renacuajo. Mientras que los rangos de profundidad se mantuvieron en intervalos intermedios y para el ancho promedio en el intervalo 1 (Fig. 17).

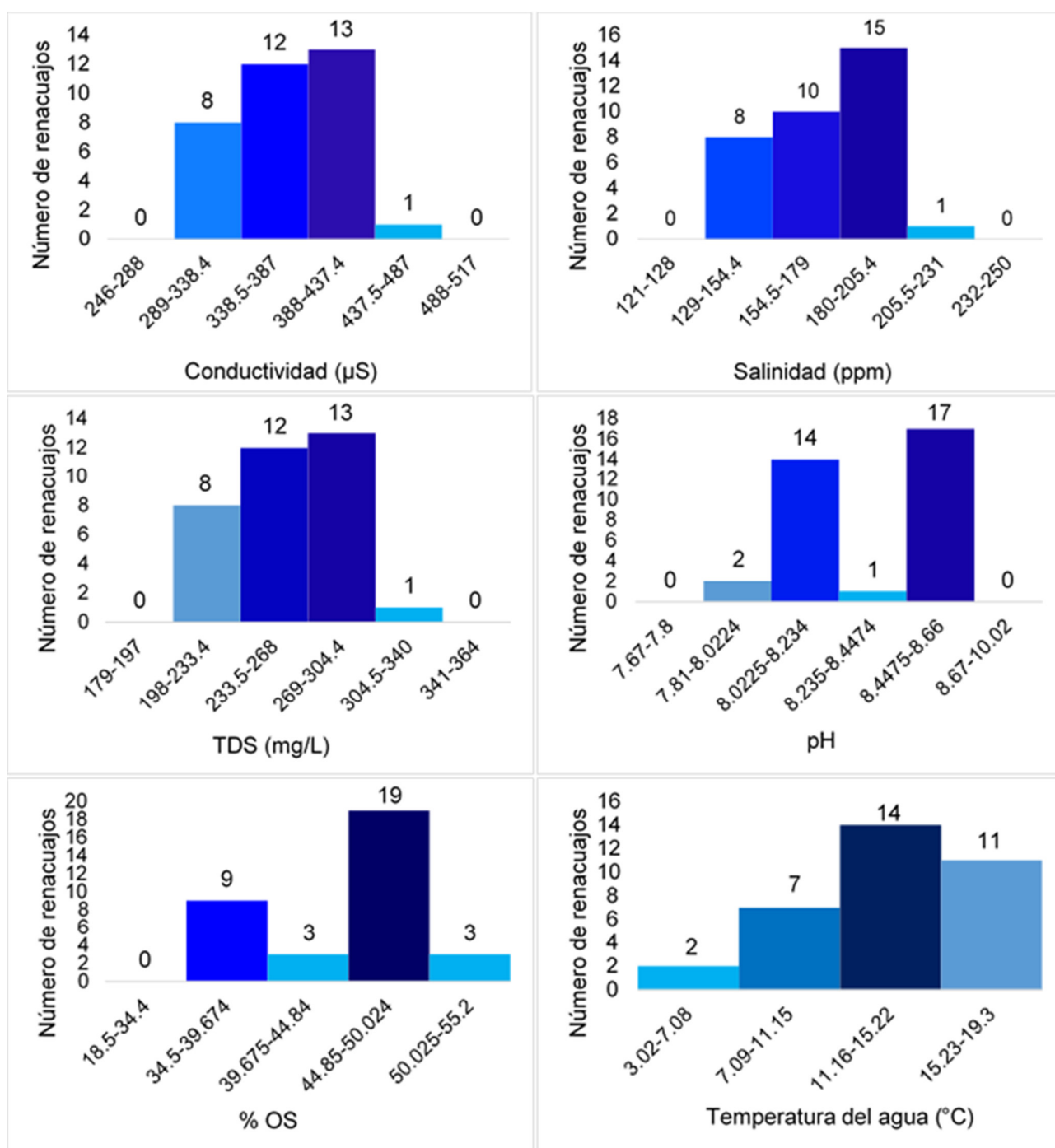


Figura 16. Abundancia de renacuajos ($n=34$) frente a parámetros fisicoquímicos del agua.

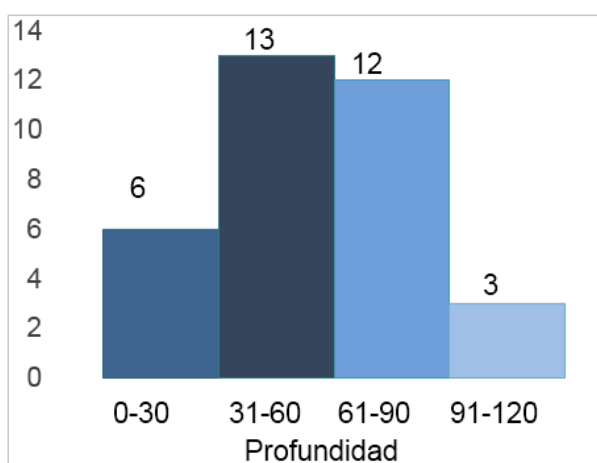
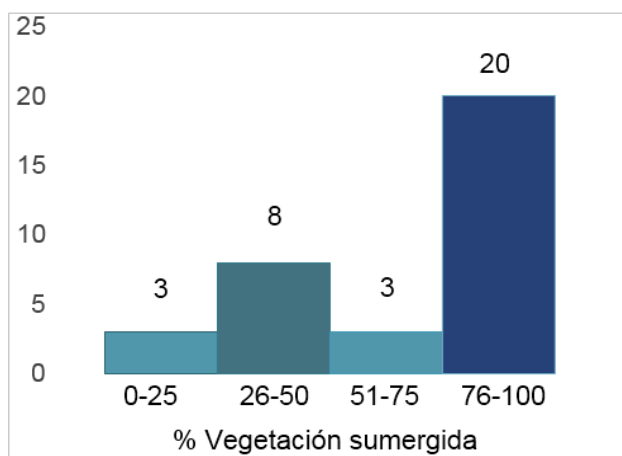
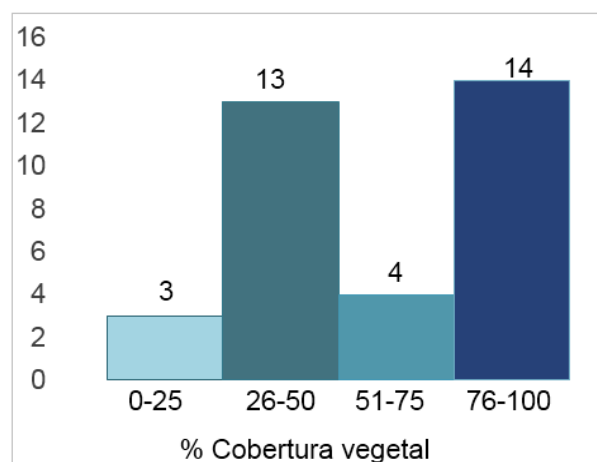
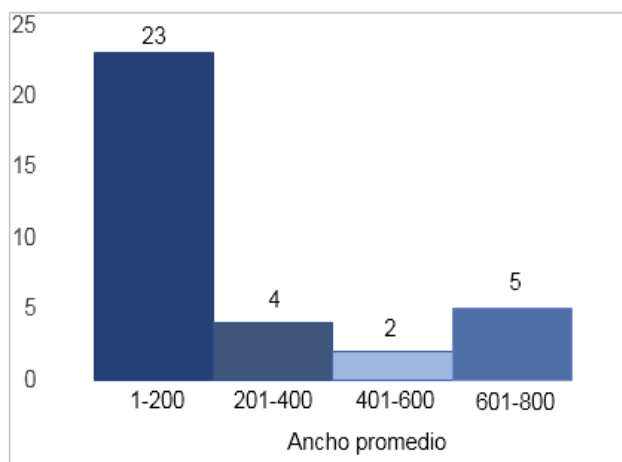


Figura 17. Abundancia de renacuajos (n=34) en relación a parámetros físicos del hábitat.

6. DISCUSIÓN

6.1 Distribución y abundancia

Los anuros adultos se caracterizan por cubrir rangos de extensión reducidos, unos 1000 metros aproximadamente, dentro de los cuales realizan desplazamientos para reproducción, forrajeo y ovoposición (Sinsch 1990a), mientras que en renacuajos se desconoce una extensión determinada, pero se sabe que está vinculado con actividades de alimentación, relaciones interespecíficas y sitios de reproducción seleccionados por los adultos (Eterovick & Barata 2006).

Históricamente se conoce que *Telmatobius macrostomus* habitó solamente sistemas lacustres altoandinos, siendo el lago Chinchaycocha su principal hábitat; por esa razón, se considera como el integrante más notable del bentos, al encontrarse asociados a fondos limosos (De Macedo 1950, Vellard 1951 Sinsch 1986).

En el ámbito de la Reserva Nacional de Junín, las subpoblaciones de renacuajos de *Telmatobius macrostomus* se reportan en riachuelos alrededor del lago de Junín. Estudios recientes no han encontrado renacuajos en el lago (Camacho 2001, Del Carpio & Mendoza 2017), tan solo unos pocos adultos en los totorales de la orilla (Coronel & Rojas 2014), desde entonces no se tienen registros oficiales en este ecosistema; probablemente debido a la poca accesibilidad. Así que la contaminación por metales pesados, la elevada sedimentación del lago (Robdell *et al.* 2014) podrían constituir la causa del cambio de hábitat en la especie, seleccionando los afluentes.

Los renacuajos solo fueron encontrados en la tercera parte de las subestaciones evaluadas, muy cerca del valor reportado por Watson *et al.* (2017b). La abundancia fue baja comparada con otro resultado (Watson *et al.* 2015), probablemente debido a la temporada seca o por la metodología y esfuerzo diferentes.

En Palomayo, la población más abundante está localizada entre la subestación Pal_1, en una zona muy impactada por la ganadería y remoción de vegetación riparia. Watson *et al.* (2017b) localizó renacuajos y un adulto a pocos metros de Pal_3 y Pal_4 donde no se encontraron individuos; el área constantemente sufre efectos de ganadería, lavado de ropa y tránsito de vehículos.

Por otro lado, en la estación Huayricucho solo hubo presencia de renacuajos y metamorfos en una subestación (Huay_4); pero no en los otros cuatro, esto probablemente a causa de su hábitat fragmentado por la ganadería, el secado de chuño que forma una barrera de piedras en los canales, la carretera central y línea férrea que cruzan el riachuelo, los cuales forman barreras que alteran su distribución natural. Además la pendiente y la corriente del agua de Huay_5 fueron más altos que Huay_4.

Todos los sitios estudiados están sometidos a diferentes variaciones estacionales, aumento y reducción del ancho y profundidad de los ríos (Woolrich-Piña *et al.* 2010); además de otros cambios de origen humano, como elaboración y modificación de canales, puentes, cercos, piscinas los que impiden su distribución y actividad (Lobos *et al.* 2016).

También, por observaciones personales, en los riachuelos durante los meses de diciembre y enero los niveles de agua aumentan y la búsqueda de individuos es más complicada. Probablemente la corriente arrastra a los renacuajos río abajo, de tal forma que se consideran los inicios o fines de época húmeda o seca una buena temporada de evaluación.

6.2 Vegetación acuática

Las plantas acuáticas cumplen un rol importante en el ecosistema, porque sirven de hábitat de seres acuáticos, conforman la cadena alimenticia elaborando el oxígeno disuelto; al descomponerse proporcionan nutrientes para otros organismos, ayudan a estabilizar los

sedimentos y mejoran la transparencia del agua (Vila *et al.* 2006, Roldán & Ramírez 2008, Gettys *et al.* 2014). En las raíces, tallos y hojas de las macrófitas colectadas fueron encontrados renacuajos de *Telmatobius macrostomus*, lo cual conformó microhábitats con alta cobertura vegetal, que les sirve como fuente de alimento y protección contra depredadores, por ejemplo las náyades de algunos insectos acuáticos (Babbitt & Jordan 1996, Vila *et al.* 2006, Gettys *et al.* 2014).

Watson *et al.* (2017b) establece relaciones positivas entre los sitios ocupados por renacuajos de *Telmatobius macrostomus* y la alta diversidad de macroinvertebrados. Se sabe que este tipo de fauna prefiere lugares con un considerable porcentaje de macrófitas acuáticas, ya que gran parte de su alimento (algas) se encuentra en esa zona (Rooke 1984, Gettys *et al.* 2014). Aparte de lo mencionado, la afinidad de los renacuajos hacia zonas con mayor vegetación también depende de la morfología, por ejemplo, algunos de tipo reófilos, preferirán zonas con nula espesura, alimentándose de algas adheridas en rocas (Sengupta *et al.* 2013, Rueda-Solano *et al.* 2015), por el contrario, las larvas de *T. macrostomus* son no-reófilas.

La asociación de los renacuajos con alguna de las especies de macrófitas reportadas es desconocida, pero estudios enfocados en la tipificación de la vegetación como microhábitats, obtuvieron interesantes asociaciones en juveniles y adultos de *Telmatobius culeus*, relacionándolos con hierbas acuáticas como *Elodea*, *Potamogeton*, entre otras (Genova 2011).

Las subestaciones con bajos porcentajes de cobertura superficial y vegetación sumergida se caracterizaban por ser riachuelos amplios, generalmente ocasionado por la extracción de la flora riparia y ganadería realizada por los pobladores locales. Esta actividad es también conocida como limpieza de canales, la cual consiste en retirar el sedimento y

plantas acumulados durante meses, debido a que ocasiona inundaciones en la zona perdiendo áreas de pastoreo (O. Damián comunicación personal).

Al llevarse a cabo la limpieza, las orillas de los canales con abundante vegetación son removidas, dejándolas desnudas con menos del 15 % de cobertura superficial y/o plantas sumergidas, imposibilitando la vida de ranas acuáticas y favoreciendo la captura de individuos. Esto no solo sucede en Perú, también ocurre con la especie del norte de Chile, *Telmatobius dankoi* (Formas *et al.* 1999), donde los pobladores cortan la flora ribereña para maximizar la irrigación y volver más profundos partes del canal que son usados como pozas recreativas (Lobos *et al.* 2016).

En consecuencia, la abundancia de especies riparias de macrófitas indica un estado natural de los riachuelos, mientras que la ausencia de la misma o poca presencia, estaría relacionada con efectos de remoción de sedimentos. Esto conlleva a ser considerado un hábitat no adecuado para los renacuajos propiciando su captura y desaparición. Por ello, se recomendó en el II Taller para Establecer una Estrategia de Conservación de las ranas de Junín (Informe por publicar), que durante las limpiezas de los canales los sitios donde habitan renacuajos no sean alterados, lo que nos permitiría mantener refugios de microhábitats estables.

6.3 Comparación entre microhábitats (subestaciones)

Los resultados obtenidos durante esta temporada de muestreo sugieren un patrón generalista de la especie en la etapa de renacuajo, lo que indicaría que no existe preferencia por un microhábitat específico en el ecosistema de afluentes del Lago Chinchaycocha, debido al solapamiento de las variables evaluadas dentro de las subestaciones. Esto se respalda con el primer estudio de Watson *et al.* (2015), quienes mediante un análisis de componentes principales determinaron que no existía alguna relación entre los parámetros

físicoquímicos y biológicos de los sitios con presencia o ausencia de renacuajos, metamorfos y adultos de *T. macrostomus* en la época húmeda, pero usaron un árbol de regresión multivariable, para destacar hábitats con bajo porcentaje de grava, profundidad de los riachuelos mayores o igual a 63 centímetros y un porcentaje alto de sustrato limo (mayor o igual al 55%) con presencia de la especie.

A la vez, la similaridad de las subestaciones es fácilmente identificable en el campo. En consecuencia, se evidencia *in situ* que en las áreas evaluadas con ausencia de renacuajos, los porcentajes de cobertura vegetal y de vegetación sumergida, así como el sustrato predominante no fueron diferentes a los de las zonas con presencia.

Relacionado con estas variables, uno de los trabajos en el género *Telmatobius*, que enfocan la determinación de una variable que resalte la presencia de individuos es el de Lobos *et al.* (2016), quienes encuentran que el ancho, profundidad de los canales y la cobertura vegetal acuática eran las principales características que se distinguen entre todos sus sitios evaluados, similar a lo reportado en el presente trabajo.

Por lo que respecta al ancho, los riachuelos proveen el hábitat modelo para que los renacuajos se desarrollen, si este es amplio, existirá una mayor disposición de microhábitats; sin embargo, la más alta abundancia fue encontrada en subestaciones cuyo ancho fue de 1 a 2 m, siendo reducido para esta especie. Se considera que el lugar ideal debería mantener de uno a cuatro metros aproximadamente, por las características de la zona.

Para especies de otras familias, se establece que la cobertura algal en corrientes rápidas está relacionada con la presencia de renacuajos reófilos de *Atelopus carrikeri* (Ruthven 1916) perteneciente a la familia Bufonidae, mientras que la poca variabilidad de la temperatura y oxígeno disuelto no guardaron relación (Rueda-Solano *et al.* 2015), esto

probablemente debido a que los últimos parámetros fueron tomados a nivel de cuadrantes; caso contrario a nuestro estudio, donde se tomaron por subestación.

Otra especie de Bufonidae, *Incilius occidentalis* (Camerano 1879), resalta por las diferencias notorias en las variables con presencia de renacuajos, como el oxígeno disuelto, profundidad, ancho del cuerpo de agua, proporción de cobertura vegetal y especialmente la salinidad, ya que *I. occidentalis* habita áreas con valores entre 500 y 800 ppm, y está ausente en lugares con más de 1300 ppm (Woolrich-Piña *et al.* 2010), superiores a los registrados para *T. macrostomus*, esto debido a cuyo hábitat son las salineras, del bien llamado Río Salado.

Sin embargo, las profundidades registradas para la especie evaluada por Woolrich-Piña *et al.* (2010) ocupan los valores mínimos (<42 cm) registrados en *T. macrostomus* y cuando el agua disminuye (por estacionalidad), los renacuajos están ausentes.

Por otro lado, la variable conductividad, en una investigación con renacuajos australianos establece que valores menores a 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25 °C predicen la presencia de individuos, mientras que sucede lo contrario en registros que sobrepasan los 6000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a la misma temperatura (Smith *et al.* 2007), los cuales son muy elevados para los reportes de este trabajo, pero a los que se podría llegar por contaminación humana (Rodríguez *et al.* 2010).

Estudios con nuevos parámetros como el nitrógeno, fósforo, carbono, comparados entre meses o temporadas (Genova 2011, Lunghi *et al.* 2015), metales pesados, macrófitas, algas y macroinvertebrados, serán útiles para futuras investigaciones por las interesantes asociaciones que han representado en otras especies; incluso esfuerzos en uso de trampas o evaluaciones nocturnas podrían indicar mejores resultados.

Por ejemplo, el estudio realizado por Griffiths *et al.* (1988) estableció que renacuajos de la especie paleártica, *Bufo bufo* (Linnaeus 1758), se desplazan en diferentes zonas prefiriendo la parte superficial en la noche y en el día, el fondo. Esta diferencia marcada puede deberse a depredadores presentes en su microhábitat, los cuales pueden aislar o restringir los lugares de forrajeo de la especie, intercalando su actividad con los coleópteros acuáticos, *Dytiscus marginalis* (Griffiths *et al.* 1988).

Por lo que algo similar ocurriría con los renacuajos de *T. macrostomus*, durante el día están posados o alimentándose ocultos entre las plantas acuáticas ribereñas, evidenciado en esta investigación; y en la noche estarían activos, desplazándose en el centro de los riachuelos (A. Mendoza comunicación personal).

Watson *et al.* (2017a) reportan la diversidad de macroinvertebrados presentes en sus sitios evaluados, además detectó larvas de moscas de la familia Ephydriidae cerca de la subestación Ch_2; se sabe que estos son competidores y depredadores de ovas y renacuajos de centrolénidos (Vitt & Caldwell 2009), aunque su presencia no fue abundante, podría ser un indicio de relación negativa con los huevos y renacuajos pequeños de *T. macrostomus*.

Todas las subestaciones estuvieron conectadas a excepción de Huay_4 y Huay_5, las cuales presentaban una barrera (cerco de piedras en canal) que impedían el desplazamiento de los renacuajos a favor o en contra de la corriente. Por ello, se evidencia que estos organismos acuáticos se verían en la necesidad de adaptarse o perecer a los diferentes cambios a los que están sometidos dentro de su distribución natural, aún más en este tiempo, donde los efectos negativos de origen humano intervienen demasiado y en muchos casos no son observables.

En relación con lo último, a pocos metros de la subestación Huay_2 fue registrado un individuo adulto muerto de *T. macrostomus*, en una zona donde el canal tenía aproximadamente 24 centímetros de profundidad (menor a lo registrado en este trabajo), considerándose un microhábitat inadecuado, a la vez esto se asocia a los niveles del agua que varían por el embalse del lago o un posible caso de quitridiomycosis.

Otra amenaza imperante para la conservación del hábitat es la ganadería, la cual ocasiona eutrofización a partir de las heces, orina y remoción del sustrato (De La Riva 2005), que a su vez provoca cambios fisicoquímicos y biológicos en los microhábitats. Watson (comunicación personal) comenta que durante sus evaluaciones de campo atrapó más de diez renacuajos con su dip-net en un solo transecto en un área de la estación Chacachimpa, dentro del Santuario Histórico de Chacamarca, un sitio con alto porcentaje de vegetación sumergida y cobertura superficial. Al año siguiente, en el desarrollo de este trabajo, el lugar carecía de plantas, la orilla estaba sin pasto con la tierra removida y con huellas de pisadas de ganado, sin renacuajo alguno.

6.4 Comparación entre microhábitats (cuadrantes)

A nivel de microhábitat o “cuadrante” las características físicas y biológicas son las que más varían en contraste con las variables químicas (Rueda-Solano *et al.* 2015).

Las orillas con presencia de renacuajos tienen una baja profundidad, por ello la diferencia entre los promedios a nivel de subestaciones y cuadrantes. Los individuos no son encontrados a valores menores o iguales a 27 cm lo que está vinculado a la estructura de los riachuelos; además, porque podrían quedar expuestos a factores externos negativos que afecten su desarrollo, convirtiéndose en presas de aves como *Plegadis ridwayii* “yanavico” y *Nycticorax nycticorax* “huaco” (Becerra 2012).

Esta última amenaza se vuelve más probable a causa de las variaciones en el caudal de los riachuelos por el embalse y desembalse del Lago Chinchaycocha, donde el agua baja rápidamente dejando los renacuajos y huevos expuestos (Dourojeanni *et al.* 1968).

La vegetación sumergida tiene que ser alta, más del 73%, valores menores indican una probable ausencia de renacuajos vinculado a bajas tasas de alimento y a la exposición al sol.

Gracias a los resultados de la subestación Pal_2, se refuerza la caracterización del microhábitat de renacuajos de *Telmatobius macrostomus* resaltando su ocurrencia con los peces del género *Orestias*, el sustrato limoso y la corriente baja de su hábitat, diferente significativamente a los sitios sin renacuajos. Por el contrario, Pac_3 y Pac_4 presentaron una estructura homogénea, representados en altos porcentajes de cobertura superficial y vegetación sumergida entre los cuadrantes con presencia y ausencia.

En el presente estudio se considera que los renacuajos se mantuvieron posados sobre las plantas, cuyo movimiento no fue observado debido a la extensa vegetación superficial y sumergida en las orillas. Es así, que el uso de cuadrantes debería ser aplicado solo en riachuelos con corriente alta y en zonas tropicales, donde el sustrato es apreciable con facilidad al igual que los renacuajos, como el empleado para evaluar la preferencia de microhábitat de *Atelopus carrikeri* (Rueda-Solano *et al.* 2015) del cual se replicó la metodología.

6.5 Caracterización del microhábitat

Los renacuajos de *Telmatobius macrostomus* habitan las orillas de ambientes lóticos perennes. Su microhábitat está conformado por aguas con transparencia total, corriente y pendiente muy baja, con presencia de peces del género *Orestias*.

Si se hace énfasis en el tipo de sustrato, el limo fue predominante en este estudio; esto soportado por los resultados de Watson *et al.* (2017b) donde los sitios ocupados por *T. macrostomus* tenían en promedio un 27% de limo. Esta asociación dependerá de las características del hábitat (McDiarmid & Altig 1999).

Cabe mencionar que se usaron metodologías diferentes para la evaluación; pero, aun así, el limo es el tipo de sustrato que se relaciona más con la presencia de la rana (Watson *et al.* 2017b).

Este tipo de sustrato es común en zonas afectadas por malas prácticas (SEPA 2010), probablemente relacionados con el embalse del Lago Chinchaycocha desde 1932 (Robdell *et al.* 2014) lo que genera una alta sedimentación de limo.

Otras consecuencias que ocasiona la sedimentación en los riachuelos es el incremento poblacional de individuos de dípteros como la familia Chironomidae, los cuales utilizan los granos finos del sedimento para construir sus estuches (Dudgeon 1994), típicamente ellos son indicadores de pobre calidad del agua. Watson *et al.* (2017b) encontró que los sitios ocupados por *Telmatobius macrostomus* estaban asociados con bajos porcentajes de la familia Chironomidae, ellos sugieren que *T. macrostomus* tiene una mayor afinidad por macroinvertebrados bentónicos que indican una calidad de agua relativamente mejor.

Entonces, la baja abundancia de renacuajos puede alterar el equilibrio de los ambientes acuáticos, quedándose sin su principal removedor de sedimento (Ranvestel *et al.* 2004) y posible depredador de larvas de Chironomidae, como ocurre en los adultos de *T. macrostomus* (Watson *et al.* 2017a).

Al desconocer los hábitos alimenticios de los peces registrados, en este caso, fueron considerados competidores difusos entre niveles intermedios de la red trófica (McDiarmid &

Altig 1999), porque algunas especies del género *Orestias* se alimentan de plantas y plancton asociados a macrófitas (Guerrero *et al.* 2015) y como depredadores de los estadios iniciales de renacuajos de *T. macrostomus* por su dieta carnívora al alimentarse también de macroinvertebrados.

La presencia de estos peces fue abundante en todas las subestaciones y cuadrantes con renacuajos, lo que indica una asociación positiva al preferir lugares con elevada vegetación sumergida que les proveen de alimento. *Orestias* spp. forman parte de la cadena trófica sirviendo de presa al último eslabón, las aves, como el “Zambullidor de Junín”, *Podiceps taczanowskii* (ECOAN 2010), y por los años 50 a los adultos de la rana gigante de Junín (De Macedo 1950, Sinsch 1986).

Probablemente una de las especies es *Orestias empyraeus* denominado localmente como “challhua”, ya que fue reportada en el Lago Junín y en corrientes de bajo flujo con aguas claras, en sustratos de tipo arena y grava (Hidalgo del Águila & Chocano 2016).

Trychomycterus oroyae posiblemente se alimente de macroinvertebrados, algas filamentosas y vertebrados como lo hacen especies del mismo género (Vera *et al.* 2013), lo que indica características oportunistas en su dieta, así que fue considerado competidor y/o depredador, formando parte de la red trófica del hábitat de los renacuajos a nivel de subestación, más no de cuadrantes.

Aunque esta especie de bagre fue menos abundante durante la evaluación y su tamaño se ha reducido en comparación con años anteriores (comunicaciones personales con pobladores locales), probablemente por los efectos negativos de la sobrepesca y la “trucha”.

Por último, no se encontraron individuos de *Oncorhynchus mykiss*, aunque Watson *et al.* (2017b) reportó esta especie junto con renacuajos en el Santuario Nacional de Huayllay, al norte de la RNJ. También se registró en el Santuario Histórico de Chacamarca, al sur de la RNJ, cercano a nuestros puntos de evaluación en la estación Chacachimpa, relacionándola negativamente a la presencia de adultos de *T. macrostomus* (Watson *et al.* 2017b).

Así mismo, individuos de más de 30 cm son encontrados en la zona, alimentándose de peces endémicos y macroinvertebrados (Watson *et al.* 2017a, datos por publicar). También se alimentan de anfibios en estadios iniciales de desarrollo (Martín-Torrijos *et al.* 2016). Es por ello, que *Oncorhynchus mykiss* representa una amenaza para *Telmatobius macrostomus* al considerarse competidor de los adultos, y potencial depredador de ovas y renacuajos, estableciéndose como el eslabón mayor de la cadena trófica en los organismos acuáticos.

Dentro de los parámetros fisicoquímicos del agua, la temperatura es uno de los que más influye en el medio acuático (McDiarmid & Altig 1999), el cual varía según la hidrología y durante el día; de modo que los organismos acuáticos dependen de esta para realizar sus actividades (Duellman & Trueb 1986), por ejemplo, en el espejo de agua del lago las temperaturas frías oscilan entre 3 y 18 °C, similares a los valores encontrados en ambientes lóticos (riachuelos y ríos) donde habitan los renacuajos de *T. macrostomus*.

Los valores de temperatura diurnos tomados en el presente trabajo reflejan un incremento durante las 12:00 – 16:00 horas, mientras que entre las 21:00 y 07:00 (horas no evaluadas) se presentan las temperaturas más bajas (Jacobsen & Marín 2007, datos no publicados).

Estos cambios en la actividad de los renacuajos de *Telmatobius macrostomus* durante el día y la noche probablemente estén sujetos a cambios biológicos no estudiados en horas de la madrugada, donde el agua llega a menos de 5°C, y sube hasta los más de 15°C (datos no publicados); como ocurre en la especie norteamericana de aguas calientes, *Lithobates pipiens* (Schreber 1782), cuya variación de la temperatura del agua (18 a 28 °C) está relacionada con la comunidad biótica de su sistema digestivo (Kohl & Yahn 2016).

Otro parámetro de relevancia fue el pH. Se conoce que los valores en el lago Junín van desde los 7.1 a 7.2 (Vellard 1951) hasta los 8.09 (Camacho 2001); datos menores a estos, no registrados en este estudio, indican contaminación de origen minero como los vertidos en el río San Juan de la mina Brocal-Colquijirca (Cerro de Pasco) con reportes de 2.8 a 20 km, 4.6 en la desembocadura al lago Junín y 6.2 a 4 km. dentro del espejo de agua reportados por Camacho (2001).

Otra causa del bajo pH es la lluvia ácida, que acidifica el agua hasta un pH de 6 con potenciales efectos negativos en el desarrollo y reproducción de anfibios (Pierce 1985, 1993).

El pH reportado para el microhábitat de la mayoría de renacuajos (8.0 a 8.7) está relacionado con refugios de vida silvestre adyacentes a agroecosistemas de Estados Unidos (Boywe & Grue 1995). A esto se le agrega el registro de Watson *et al.* (2017b) que amplió el rango de pH con presencia de renacuajos hasta 9.09 en el Santuario Histórico de Huayllay, comparado con el 8.66 registrado en este estudio. Los valores de pH guardan relación con la geología de la zona, primariamente compuesta de roca caliza sedimentaria (Shoobridge 2006), lo cual sirve como una fuente de alcalinidad manteniendo niveles altos de pH en todos los sitios.

El pH de 7.63 registrado por Watson *et al.* (2017b) es el menor de todos los valores asociados al microhábitat de *Telmatobius macrostomus* y está localizado exactamente en la subestación Ch_02, donde se reportó un valor de 7.95. Este punto con presencia de renacuajos presenta mayor impacto antropogénico, por estar más distal a su origen y recibir aguas servidas, desechos sólidos, residuos del lavado de la maca, entre otros.

Fuera de este rango se reporta un pH de 10.02 en el canal artificial Chuy_1, donde no se encontró renacuajos, el cual fue cercano al valor experimental de 10.5 reportados por Padhye y Gathe (1988) vinculado a la supervivencia de larvas de *Microhyla ornata* (Dumeril & Bibron 1841); valores más altos causan una alta mortalidad en embriones.

El resto de parámetros fisicoquímicos en la subestación Chuy_1 también están fuera del rango encontrado para *Telmatobius macrostomus*; físicamente el canal tenía 2 m de ancho, menos de 30 centímetros de profundidad y un kilómetro de distancia aproximadamente desde la orilla del lago Chinchaycocha, originándose del mismo. Por comunicación directa de los pobladores, estos canales artificiales son muy comunes en las orillas de lagos y lagunas alrededor, ocasionando que los adultos se acumulen en el área, posiblemente en épocas reproductivas facilitando la captura de especímenes.

Otra especie, *Telmatobius culeus*, habitante de ambientes lénticos como el Lago Titicaca (Icochea *et al.* 2004), ha sido objeto de los mayores esfuerzos de conservación en telmatóbidos del Perú; a pesar de ello, no cuenta con una caracterización del hábitat de sus renacuajos, solo los juveniles y adultos fueron estudiados a fondo (Genova 2011).

Genova (2011) describe las características del hábitat de ranas de *Telmatobius culeus*; variables como el sustrato tipo rocoso, pH (8 – 8.5), concentraciones de dióxido de carbono, dureza total, dureza del carbonato, y factores abióticos y bióticos establecen importantes diferencias entre juveniles y adultos.

Telmatobius jelskii, recientemente estudiada por Catenazzi y von May (2013), cuya abundancia y distribución es mayor que *T. culeus* y *T. macrostomus*; también habita los andes centrales del Perú (Sinsch 1986). Catenazzi y von May (2013), reportaron que los renacuajos de esta especie habitan principalmente pequeñas pozas con temperatura (6.32 - 22.38 °C), conductividad (14.54 – 350.94 μ S) y profundidad (26 - 72.60 cm), los dos últimos son valores bajos comparados con *T. macrostomus*, mientras que la temperatura, supera lo reportado en este trabajo.

Los renacuajos de *T. macrostomus* está dentro del rango de pH reportado para *T. jelskii* por Catenazzi y von May (2013), donde su hábitat alcanza valores mínimos de 6.28.

El área de las pozas con renacuajos de *T. jelskii* no llegan a medir más de 56 m² (mínimo de 0.26 m²) (Catenazzi & von May 2013) y para *T. macrostomus* el área mayor fue de 400 m² (mínimo de 50 m²) en cuanto al ancho y los 50 m de largo de las subestaciones, probablemente esto se relacione al tamaño de los renacuajos, los de *T. macrostomus* miden aproximadamente el doble en longitud que *T. jelskii*. La geografía de la zona también puede estar relacionada, ya que los riachuelos del altiplano de Junín son amplios y con menos pendiente que los localizados en quebradas o zonas montañosas (observaciones personales).

Las demás especies peruanas del género carecen de una caracterización detallada de su lugar de vida. Fuera del Perú, el hábitat de los juveniles y adultos de *Telmatobius dankoi* fueron estudiados por Lobos *et al.* (2016). Ellos registran valores de pH entre 7.55 y 7.75, característico de ríos desérticos, mínimos para los reportados en el microhábitat de renacuajos de *T. macrostomus*; además, el rango de pH es mucho menor.

Las concentraciones bajas o altas de salinidad pueden ocasionar anomalías en la morfología y desarrollo (Alexander *et al.* 2012); los autores señalan, que la especie neártica

Incilius nebuliger (Girard 1843) presenta alta mortalidad a exposiciones a sales mayores a 6 ppt (6000 ppm), efectos destructivos en etapas de eclosión a una exposición de 4 ppt, y considera como valores óptimos para el desarrollo de los organismos entre los 0 y 2 ppt, rango en el cual fueron encontrados los renacuajos de *T. macrostomus*.

El porcentaje medio de oxígeno saturado del agua en el día es de 52% aproximadamente en ambientes altoandinos, pero los renacuajos fueron encontrados en subestaciones con valores ligeramente bajos ($\bar{x}=44\%$); incluso durante las horas de evaluación de este trabajo los % OS deberían ser más altas (70 y 90%), con picos de 100 % entre las 12 a 2 pm. (Jacobsen & Marín 2008).

Finalmente, el tipo de microhábitat preferido para el desarrollo de los huevos y larvas recién eclosionadas es desconocido, aunque esto guarda relación con el sitio de desove seleccionado por los adultos (McDiarmid & Altig 1999), donde se desarrollan hasta renacuajos y se desplazarían corriente abajo, buscando lugares óptimos. Lo que indica un desplazamiento de los adultos a contracorriente desde la parte baja de los riachuelos donde terminaron de madurar hasta la parte alta donde realizarían las puestas, son necesarios seguimientos individuales para resolver esta disyuntiva.

6.5.1 Relación entre los renacuajos y microalgas

El único trabajo realizado en dieta de larvas de *Telmatobius macrostomus* y entre todos los telmatóbidos, es el de Guevara (1991) en contenido intestinal de algunos estadios larvales, encontrando al phylum Bacillariophyta como el clado más diverso de algas que le sirve de alimento.

El presente trabajo corroborará los resultados de Guevara (1991), basándose en la disponibilidad de alimento de su medio acuático actual, encontrando una alta diversidad de diatomeas (29 géneros), seguidos por las clorofitas y cianofitas, lo cual conforma los tres grupos más diversos tanto en su dieta (Guevara 1991), como en su disposición actual de alimento. Esto se enlaza a estudios donde encuentran que la diversidad de algas presentes en el intestino está asociado a su ambiente (Johnson 1991).

La presencia de especies epífitas de los géneros *Cocconeis*, *Achnanthydium*, *Amphora*, *Epithemia*, entre otros (Buendía-Flores *et al.* 2015) registrados en esta investigación, sirven para evidenciar los hábitos bentónicos y pacedores de los renacuajos. Adicionalmente, como parte de su dieta también está incluido el zooplancton, tejidos fanerogámicos, lo cual varía según su desarrollo. En estadios posteriores al de renacuajo (metamorfo), no se reportan algas en el estómago de *T. macrostomus* (Guevara 1991).

El género *Cocconeis* fue el grupo más abundante en la disposición de alimento actual y la dieta de los renacuajos de *T. macrostomus*; mientras, la abundante presencia de *Epithemia*, como menciona Guevara (1991) probablemente se redujo. Estas observaciones de diversidad y abundancia se relacionan con factores como el caudal o parámetros fisicoquímicos típicos de ambientes lóticos de alta montaña (Ramírez 2008), e incluso los mismos renacuajos modifican la comunidad algal, al alimentarse de ellos (Kupferberg 1997).

Otros estudios en renacuajos de pozas temporales en Brasil hasta en la India, establecen una alta frecuencia por ítems alimenticios del phylum Bacillariophyta y Chlorophyta (Rossa-Feres *et al.* 2004, Sengupta *et al.* 2013). Se considera a las diatomeas como ítem principal en la dieta de los renacuajos, atribuyendo un carácter generalista a su alimentación.

6.6. Propuesta de conservación

De todos los sitios evaluados, las estaciones Paccha, Chacachimpa y Palomayo se consideran óptimos para monitorear a esta especie a largo plazo y enfocar mayores esfuerzos de protección de sus hábitats, porque 1) en Paccha los renacuajos están en simpatría con *T. brachydactylus*, 2) en la estación Chacachimpa coexisten metamorfos y adultos, considerándose una buena área de reproducción y desarrollo de estos anfibios, 3) En Palomayo se encontró la mayor abundancia y la presencia aislada de un adulto.

Características como el tipo de vegetación, diversidad de invertebrados, algas y profundidad pueden ser consideradas de utilidad en trabajos futuros enfocados en lagos y lagunas. Ello nos permitirá comprender las relaciones asociadas a organismos ectotérmicos y así continuar los esfuerzos de conservación.

Se propone combatir las amenazas detectadas con estrategias de ordenamiento territorial, educación ambiental, ciencia participativa y nuevos proyectos de investigación que promuevan la conservación de *T. macrostomus*, en especial en una etapa de desarrollo tan crítica y poco estudiada como son los renacuajos.

7. CONCLUSIONES

1. La distribución de *Telmatobius macrostomus* se ha visto reducida desde fines del siglo XX, pero ha mantenido poblaciones en Áreas Naturales Protegidas, como la Reserva Nacional de Junín que provee de sitios accesibles para estudios ecológicos.
2. Los renacuajos de *Telmatobius macrostomus* prefieren u optan por un microhábitat caracterizado por un sustrato tipo limo, corrientes bajas, asociados a la orilla y la presencia de peces del género *Orestias*, a profundidades de más de 30 cm, con una cobertura superficial y vegetación sumergida generalmente alta.
3. Sobre la base de las características evaluadas, los renacuajos de *Telmatobius macrostomus* son considerados generalistas, la especificidad por un microhábitat determinado probablemente esté delimitada por factores alimenticios o por relaciones interespecíficas.
4. Las variables como cobertura superficial, vegetación sumergida, ancho y profundidad son importantes indicadores de una buena calidad de hábitat para los renacuajos de *T. macrostomus*.
5. La mayor parte de estudios en renacuajos de otras especies de *Telmatobius* carecen de una caracterización de sus hábitats, y muchas veces solo se enfocan en individuos adultos.

8. RECOMENDACIONES

- Aumentar el esfuerzo con evaluaciones mensuales y durante un año en más áreas aledañas y afluentes del Lago Chinchaycocha con presencia de ranas (Ver Propuesta de Conservación), en el mismo lago y en zonas cercanas a Huancayo, donde posiblemente exista una población reducida de *Telmatobius macrostomus*.
- Caracterizar el hábitat donde ocurre la ovoposición y el desplazamiento de los individuos recién eclosionados lo que será de mucha utilidad para estudios de distribución y cría en cautiverio.
- Establecer la dieta actual de los renacuajos es muy valioso para su conservación *in-situ* y *ex-situ*, aunque no es recomendable el sacrificio de especímenes, existen métodos como la coleta fecal o uso de isotopos considerados menos invasivos.
- Promover la investigación en los estudiantes de Ingeniería Ambiental o carreras afines de las Universidades en Junín y aplicar sus conocimientos para conservar y restaurar el hábitat de las ranas. Estudios sobre bioremediación, bioacumulación de metales pesados empleando la flora nativa o químicos inocuos, usos de filtros en las afluentes contaminantes, elaboración de plantas de tratamiento económicas serán de mucha utilidad.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar C., K. Siu Ting & P. Venegas. 2007a. The rheophilous tadpole of *Telmatobius atahualpai* Wiens, 1993 (Anura: Ceratophryidae). South American Journal of Herpetology. 2 (3): 165-174.
- Aguilar C., M. Lundberg, K. Siu Ting & M. Jiménez. 2007b. Nuevos registros para la herpetofauna del departamento de Lima, descripción del renacuajo de *Telmatobius rimac* Schmidt, 1954 (Anura: Ceratophryidae) y una clave de los anfibios. Revista Peruana de Biología. 14 (2): 209-216.
- Aguilar C. & E. Lehr. 2009a. Tadpole of *Telmatobius mayoloi* (Anura: Ceratophryidae). Journal of Herpetology. 43 (1): 159-164.
- Aguilar C. & N. Valencia. 2009b. Relaciones filogenéticas entre telmatobínidos (Anura, Ceratophryidae, Telmatobiinae) de los Andes centrales basados en la morfología de los estados larval y adultos. Revista Peruana de Biología. 16 (1): 43-50.
- Aguilar C., K. Siu & E. Lehr. 2010a. Description of the tadpole of *Telmatobius brevirostris* (Anura: Ceratophryidae). Zootaxa. 2626: 61-64.
- Aguilar C., C. Ramirez, D. Rivera, K. Siu-Ting, J. Suarez & C. Torres. 2010b. Anfibios andinos del Perú fuera de Áreas Naturales Protegidas: amenazas y estado de conservación. Revista Peruana de Biología. 17 (1): 5-28.
- Alexander L., S. Lailvaux, J. Pechmann & P. DeVries. 2012. Effects of Salinity on Early Life Stages of the Gulf Coast Toad, *Incilius nebulifer* (Anura: Bufonidae). Copeia. 1: 106-114. DOI: 10.1643/CP-09-206.

Angulo A. 2008. Conservation Needs of *Batrachophrynus* and *Telmatobius* Frogs of the Andes of Peru. *Conservation and Society*. 6 (4): 328-333.

Ariyaratne H. & M. Meegaskumbura. 2011. Experimental Determination of Microhabitat Preferences of *Pseudophilautus hallidayi* (Ranidae: Rhacophoridae). *Proceedings of the Peradeniya University Research Sessions, Sri Lanka*. 16: 148.

Babbitt K. & F. Jordan. 1996. Predation on *Bufo terrestris* tadpoles: Effects of cover and predator density. *Copeia*: 485-488.

Becerra J. 2012. Biología y Conservación de la Rana Gigante de Junín *Batrachophrynus macrostomus*, Peters, 1873. Huancayo-Perú. Primera Edición. Gobierno Regional de Junín. 44 Pp.

Becker C., C. Fonseca, C. Baptista, R. Fernandes & P. Prado. 2007. Habitat Split and the Global Decline of Amphibians. *Science*. 318: 1775-1777.

Blaustein A., S. Walls, B. Bancroft, J. Lawler, C. Searle & S. Gervasi. 2010. Direct and Indirect Effects of Climate Change on Amphibian Populations. *Diversity*. 2: 281-313. DOI: 10.3390/d2020281.

Boyer R. & C. Grue. 1995. The Need for Water Quality Criteria for Frogs. *Environmental Health Perspectives*. 103 (4): 352-357.

Buendía-Flores M., R. Tavera & E. Novelo. 2015. Florística y ecología de diatomeas bentónicas de la zona lacustre de Xochimilco-Tláhuac, México. *Botanical Sciences*. 93 (3): 531-558. DOI: 10.17129/botsci.148.

Camacho R. 2001. "Propuesta de Manejo para la Rana de Junín (*Batrachophrynus macrostomus*)". Tesis para optar el grado de Magister Scientiae. Lima. Universidad Nacional Agraria La Molina. 160 Pp.

Camarena E. 1953 Consideraciones sobre la Morfología de *Batrachophrynus macrostomus*. Tesis para optar el título de Biólogo. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 32 Pp.

Caro C., Z. Quinteros & V. Mendoza. 2007. Identificación de indicadores de conservación para La Reserva Nacional de Junín. *Ecología Aplicada*. 6 (1, 2): 67-74.

Castillo L., O. Damián, A. Fitzgerald & A. Watson. 2016. Herpetofauna de la Reserva Nacional de Junín. Amenazas de sus ranas endémicas (*Telmatobius macrostomus* y *T. brachydactylus*). En XX CONGRESO NACIONAL DE BIOLOGÍA - CONABIO. Puno, Perú, 9 – 12 Noviembre.

Catenazzi A., R. von May & V. Vredenburg. 2013. Conservation of the high Andean frog *Telmatobius jelskii* along the PERU LNG pipeline in the Regions of Ayacucho and Huancavelica, Peru. In: Monitoring biodiversity: Lessons from a Trans-Andean megaproject. A. Alonso, F. Dallmeier and G. Servat (editors). Smithsonian Scholarly Press, Washington DC.

Catenazzi A. & R. von May. 2014. Conservation Status of Amphibians in Peru. *Herpetological Monographs*. 28: 1-23.

Catenazzi A. 2015. State of the World's Amphibians. *Annual Review of Environment and Resources*. 40 (3): 1-29. DOI: 10.1146/annurev-environ-102014-021358.

Catenazzi A., V. Vargas & E. Lehr. 2015. A new species of *Telmatobius* (Amphibia, Anura, Telmatobiidae) from the Pacific slopes of the Andes, Peru. *ZooKeys* 480: 81-95. DOI: 10.3897/zookeys.480.8578

Chocano L. 2005. Las zonas altoandinas peruanas y su ictiofauna. *Revista Digital Universitaria*. 6 (8): 1-13.

Clarke K. & R. Warwick. 2001. Change in marine communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. 2do Edition. PRIMER-E: Plymouth. 176 Pp.

Córdova J. & J. Descailleaux. 2005. El análisis cladístico preliminar de los cariotipos de cinco especies de *Telmatobius* y dos de *Batrachophrynus* no apoya su separación genérica. In: Lavilla E. O., I. De la Riva, E. Font & J. Lluch (eds.). Estudios sobre las ranas andinas de los géneros *Telmatobius* y *Batrachophrynus* (Anura: Leptodactylidae). Monografías de Herpetología Vol. 7, Asociación Herpetológica Española, Valencia. p. 187-218.

Coronel W. & J. Rojas. 2014. Situación actual de *Batrachophrynus macrostomus* (Peters) para la Conservación en la Reserva Nacional de Junín. Tesis universitaria para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental. Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente. Universidad Nacional del Centro del Perú. 119 Pp. Acceso online 23/02/16.

Darwell C., K. Segraves & D. Althoff. 2016. The role of abiotic and biotic factors in determining coexistence of multiple pollinators in the yucca-yucca moth mutualism. *Ecography* 39: 1-10. DOI: 10.1111/ecog.02193.

De La Riva I. 2005. Bolivian frogs of the genus *Telmatobius*: sinopsis, taxonomi comments, and description of a new species. In: Lavilla E. O., I. De la Riva, E. Font & J. Lluch (eds.). Estudios sobre las ranas andinas de los géneros *Telmatobius* y *Batrachophrynus* (Anura: Leptodactylidae). Monografías de Herpetología Vol. 7, Asociación Herpetológica Española, Valencia. p. 65-101.

De Macedo H. 1950. Anotaciones para el conocimiento zoológico del género *Batrachophrynus* (Amphibia: Salientia). Tesis universitaria para optar el título de Bachiller. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 27 Pp. Acceso: 11/01/16

Dissanayake D. & S. Wellapuli-Arachchi. 2012. Habitat preferences of the endemic shrub from *Pseudophilautus regius* (Manamendra-Arachchi and Pethiyagoda 2005) at Mihintale Sanctuary, Sri Lanka. *Amphibian & Reptile Conservation*. 5 (2): 114-124.

Dourojeanni M., R. Hofmann, R. García, J. Malleux & A. Tovar. 1968. Observaciones preliminares para el manejo de aves acuáticas en el Lago de Junín, Perú. *Revista Forestal del Perú*. 2 (2): 3-52.

D.S. N° 004-2014-MINAGRI. 2014. Decreto Supremo que aprueba la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas. *El Peruano*, Nomas legales, Martes 8 de abril de 2014. 520497: 520504.

Dudgeon D. 1994. The functional significance of selection of particles by aquatic animals during building behavior. En R. S. Wotton (ed.). *The biology of particles in aquatic systems*. 2nd ed. Lewis Publishers, London. p. 289-312.

Duellman W. & L. Trueb. 1983. Frogs of the *Hyla columbiana* group: Taxonomy and phylogenetic relationships. In *Advances in Herpetology and evolutionary biology*. p. 33-51.

Dunson W. & J. Travis. 1991. The role of abiotic factors in community organization. *The American Naturalist*. 138 (5): 1067-1091.

ECOAN (Asociación Ecosistemas Altoandinos). 2010. Plan de manejo con fines de conservación de las especies de aves amenazadas del lago Chinchaycocha: Zambullidor de Junín (*Podiceps taczanowskii*), Gallinetita de Junín (*Laterallus tuerosii*) y Parihuana (*Phoenicopterus chilensis*), en el Ámbito de la Reserva Nacional de Junín. 132 Pp.

Eterovick P. & I. Barata. 2006. Distribution of tadpoles within and among Brazilian streams: The influence of predators, habitat size and heterogeneity. *Herpetologica* 62 (4): 365-377.

Eterovick P., L. Bar, J. Souza, J. Castro, F. Leite & R. Alford. 2015. Testing the Relationship between Human Occupancy in the Landscape and Tadpole Developmental Stress. PLoS ONE. 10(3): e0120172. DOI: 10.1371/journal.

Frost D. 2017. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0 (Date of access). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA.

Genova M. 2011. Density and habitat preferences of Lake Titicaca frog (*Telmatobius culeus*) at North-West of Copacabana peninsula. Master thesis report. Netherlands. Wageningen Universiteit. 73 Pp.

Gettys L., W. Haller & D. Petty. 2014. Biology and Control of Aquatic Plants. A Best Management Practices Handbook. Third Edition. Aquatic Ecosystem Restoration Foundation. 252 Pp.

Girish K. & S. Krishna-Murthy. 2009. Distribution of tadpoles of large wrinkled frog *Nyctibatrachus major* in central Western Ghats: influence of habitat variables. Acta Herpetologica. 4 (2): 153-160.

Gosner K. 1960. A Simplified Table for Staging Anuran Embryos and Larvae with Notes on Identification. Herpetologica. 16 (3): 183-190.

Gower J. 1967. A Comparison of Some Methods of Cluster Analysis. Biometrics. 23 (4): 623-637.

Griffiths R., J. Getliff & V. Mylotte. 1988. Diel patterns of activity and vertical migration in tadpoles of the common toad, *Bufo bufo*. Herpetological journal. 1: 223-226.

- Guerrero C., E. Poulin, M. Méndez & I. Vila. 2015. Caracterización trófica de *Orestias* (Teleostei: Cyprinodontidae) en el Parque Nacional Lauca. *Gayana* 79 (1): 18-25.
- Guevara M. 1991. Nota sobre la composición algal de la dieta en larvas de *Batrachophrynus* Peters. 1873 (Anura: Leptodactylidae) del Perú. 41: 6-7.
- Guiry M. & G. Guiry, 2017. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 11 July 2017.
- Hammer Ø., D. Harper & P. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Heard G., P. Robertson & M. Scroggie. 2008. Microhabitat preferences of the endangered Growling Grass Frog* *Litoria raniformis* in southern Victoria. *Zoologist*. 34 (3): 414-425.
- Hidalgo del Aguila M. & L. Chocano 2016. *Orestias empyraeus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T49829862A53817528. DOI: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T49829862A53817528.en>
- Hopkins W. 2007. Amphibians as Models for Studying Environmental Change. *ILAR Journal*. 48 (3): 270-277.
- Hutchinson G. 1957. Concluding Remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*. 22: 415-427.
- Iannacone J. & G. Manyari. 2007. Enterobacterias y Protozoarios Parásitos Asociados al Renacuajo de la Rana de Junín *Batrachophrynus macrostomus* (Anura: Leptodactylidae). *Revista de Ciencias (Lima)*. 4 (1,2): 25-51.

Icochea I., S. Reichle S., I. De la Riva, U. Sinsch & J. Köhler. 2004. *Telmatobius culeus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2004: e.T57334A11623098. DOI: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T57334A11623098.en>. Downloaded on 04 June 2017.

INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales). 2008. Plan Maestro de la Reserva Nacional de Junín 2008-2012. Programa de Protección de Áreas Naturales Protegidas fase II (PAN II). 222 Pp.

Jacobsen D. & R. Marín. 2008. Bolivian Altiplano streams with low richness of macroinvertebrates and large diel fluctuations in temperature and dissolved oxygen. *Aquatic Ecology*. 42: 643-656.

Johnson L. 1991. Growth and development of larval northern cricket frogs (*Acris crepitans*) in relation to phytoplankton abundance. *Freshwater Biology*. 25: 51-59.

Kardong K. 2007. Vertebrados. Anatomía comparada, función y evolución. Cuarta edición. Washington State University. Editorial McGraw-Hill. 782 Pp.

Kohl K. & J. Yahn. 2016. Effects of environmental temperature on the gut microbial communities of tadpoles. *Environmental Microbiology* 18 (5): 1561-1565. DOI:10.1111/1462-2920.13255.

Kupferberg S. 1997. The Role of Larval Diet in Anuran Metamorphosis. *American Zoologist*. 37 (2): 146-159.

Lehr E. 2005. The *Telmatobius* and *Batrachophrynus* species of Perú. In: Lavilla E. O., I. De la Riva, E. Font & J. Lluich (eds.). Estudios sobre las ranas andinas de los géneros *Telmatobius* y *Batrachophrynus* (Anura: Leptodactylidae). Monografías de Herpetología Vol. 7, Asociación Herpetológica Española, Valencia. p. 39-64.

Lobos G., N. Rebolledo, A. Charrier & O. Rojas. 2016. Natural history notes of *Telmatobius dankoi* (Anura, Telmatobiidae), a critically endangered species from northern Chile. Studies on Neotropical Fauna and Environment. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01650521.2016.1203519>

Londoño G., B. Escobar, J. Velasco, F. Castro, W. Bolívar & M. Salazar. 2010. Plan de acción para la conservación de los anfibios del departamento del Valle del Cauca. Primera Edición CVC, Fundación Zoológica de Cali y UniValle. Santiago de Cali. 37 Pp.

Loza A. & W. Mendoza. 2017. Evaluación poblacional y estado de conservación de *Telmatobius macrostomus* Peters, 1873 (Anura: Telmatobiidae) en humedales altoandinos, Región Pasco-Perú. Revista de Investigación Altoandina. 19 (2): 145-156. DOI: <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2017.273>.

Lunghi E., Manenti R. & G. Ficetola. 2015. Seasonal variation in microhabitat of salamanders: environmental variation or shift of habitat selection? PeerJ. 3: 1-20. DOI: 10.7717/peerj.1122.

Manyari G. & J. Iannacone. 2006. Relación peso-longitud en larvas de la Rana de Junín *Batrachophrynus macrostomus* Peters 1873 (Anura: Leptodactylidae) para su uso en ecotoxicología en condiciones de zoocriadero. Biologist (Lima). 4 (2): 14-15.

Marques N. & F. Nomura. 2015. Where to Live? How Morphology and Evolutionary History Predict Microhabitat Choice by Tropical Tadpoles. BIOTROPICA. 47 (2): 227-235. DOI: 10.1111/btp.12199.

Martín-Torrijos L., J. Sandoval-Sierra, J. Muñoz, J. Dieguez-Uribeondo, J. Bosch & J. Guayasamin. 2016. Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) threaten Andean amphibians. Neotropical Biodiversity. 2 (2): 26-36. DOI: 10.1080/23766808.2016.1151133.

McDiarmid, R. & R. Altig. 1999. Tadpoles: The biology of anuran larvae. Chicago: University of Chicago Press. 444 Pp.

Medrano R., R. Elías, S. Behmke, M. Herbert, J. Rodríguez & Y. Matamoros. (Eds.). 2015. Taller para establecer una Estrategia de Conservación de la Rana de Junín (*Telmatobius macrostomus*). 28-30 de octubre, 2013. Casa de la Cultura, Junín, Perú. Conservation Breeding Specialist Group (SSC/IUCN/CBSG Mesoamerica).

Mehrabi Z., E. Slade, A. Solis & D. Mann. 2014. The importance of Microhabitat for Biodiversity Sampling. PLoS ONE. 9 (12): e114015. DOI: 10.1371/journal.pone.0114015.

Morales V. & J. Ramos. 2012. La creencia tradicional de los pueblos contribuye a la desaparición de la biodiversidad: El Caso en los anfibios andinos. Revista de Ciencias IX: 16-23.

Neal D. 2004. Introduction to Population Biology. First edn. University Saskatchewan. Cambridge University Press. 409 Pp. www.cambridge.org/9780521825375

Odendaal F., C. Bull & R. Nias. 1982. Habitat Selection in Tadpoles of *Ranidella signifera* and *R. riparia* (Anura: Leptodactylidae). Oecologia (Berl) 52: 411-414.

Osborne T., C. Morrison & C. Morley. 2008. Habitat selection and Phenology of the Fiji Tree Frog, *Platymantis vitiensis*: Implications for Conservation. Journal of Herpetology 42 (4): 699-707.

Padhye A. & H. Ghate. 1988. Effect of altered pH on embryos and tadpoles of the frog *Microhyla ornata*. Herpetological Journal. 1: 276-279.

Peters W. 1873. Über die von Dr. J. J. v. Tschudi beschriebenen Batrachier aus Peru. Monatsbericht der königlich preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1873:622-624.

Pierce B. 1985. Acid tolerance in amphibians. *BioScience* 35 (4): 239-243.

Pierce B. 1993. The effects of acid precipitation on amphibians. *Ecotoxicology* 2: 65-77.

Ramírez A. 2008. Diatomeas perifíticas en diferentes tramos de dos sistemas lóticos de alta montaña (Páramo de Santurbán, norte de Santander, Colombia) y su relación con las variables ambientales. *Acta biológica Colombiana*. 13 (1): 199 – 216.

Ramsar. 1997. (En línea). Peru Names Four New Ramsar. <http://www.ramsar.org/news/peru-names-four-new-ramsar-sites#comment-0>

Ranvestel A., K. Lips, C. Pringle, M. Whiles & R. Bixby. 2004. Neotropical tadpoles influence stream benthos: evidence for the ecological consequences of decline in amphibian populations. *Freshwater Biology*. 49: 274-285.

Ríos P. & J. Cisneros. 2010. Human's impact on the population of Lake Junín frog (*Batrachophrynus macrostomus*). 59th Annual International Conference of the Wildlife Disease Association, Iguazú, Argentina. 30 Mayo – 4 Junio.

Robdell D., E. Delman, M. Abbott, M. Besonen & P. Tapia. 2014. The heavy metal contamination of Lake Junín National Reserve, Peru: An unintended consequence of the juxtaposition of hydroelectricity and mining. *The Geological Society of America - TODAY*. 24 (8): 4-10. DOI: 10.1130/GSATG200A.1.

Rodriguez C., C. Duque, M. Calvache & M. López-Chicano. 2010. Causas de las variaciones de la conductividad eléctrica del agua subterránea en el acuífero Motril-Salobreña, España. *GEOGACETA*. 49: 107-110.

Roldán G. & J. Ramírez. 2008. Fundamentos de limnología neotropical. 2da. Edición. Editorial Universidad de Antioquía. 421 Pp.

Rooke J. 1984. The invertebrate fauna of four macrophytes in a lotic system. *Freshwater Biology* 14: 507-513.

Rossa-Feres D., J. Jim & M. Goncalves. 2004. Diets of tadpoles from a temporary pond in southeastern Brazil (Amphibia, Anura). *Revista Brasileira de Zoologia*. 21 (4): 745-754.

Rueda J., F. Castro & C. Cortez. 2006. Técnicas para el inventario y muestreo de anfibios: Una compilación. En: Angulo A., J. Rueda-Almonacid, J. Rodriguez-Mahecha & E. La Marca. Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. Conservación Internacional. Serie Manuales de Campo N° 2. Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá D.C. p. 135 – 172.

Rueda-Solano L., F. Vargas & M. Rivera. 2015. The highland tadpole of the harlequin frog *Atelopus carrikeri* (Anura: Bufonidae) with an analysis of its microhabitat preference. *SALAMANDRA* 51 (1): 25-32.

Sengupta S., M. Hajowary, M. Basumatary, K. Monir & B. Kumar. 2013. Habitat and food preference of tadpoles in the lower Basistha River, Northeast India. *SALAMANDRA* 49 (4): 201-205.

SEPA (Scottish Environment Protection Agency). 2010. Engineering in the water environment: good practice guide. Sediment management. First edition. Pp. 1-55.

SERNANP (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado). 2012. Plan de Uso Turístico y Recreativo RN Junín, SN Huayllay y SH Chacamarca.

Shoobridge D. 2006. Protected area profile: Peru: Junin National Reserve: ParksWatch. ParksWatch Perú. www.parkswatch.org/parkprofiles/pdf/jnar_eng.pdf (Acceso 19 Enero 2017).

- Sinsch U. 1986. Anfibios de la sierra central del Perú. Una clave de identificación para adultos y larvas. Boletín de Lima 45: 23-33.
- Sinsch U. 1990a. Migration and orientation in anuran amphibians. Ethology Ecology & Evolution 2: 65-79.
- Sinsch U. 1990b. Froschlurche (Anura) der zentral-peruanischen Anden: Artdiagnose, Taxonomie, Habitate, Verhaltensökologie. Salamandra 26: 177-214.
- Smith M., E. Schreiber, M. Scroggie, M. Kohout, K. Ough, J. Potts, R. Lennie, D. Turnbull, C. Jin & T. Clancy. 2007. Associations between anuran tadpoles and salinity in a landscape mosaic of wetlands impacted by secondary salinization. Freshwater Biology. 52: 75-84.
- Tito A., C. Landauro, P. Venegas, I. De La Riva & J. Chaparro. 2016. A new species of *Telmatobius* Wiegmann, 1834, from the Eastern Cordillera Central of the Andes, Peru (Anura: Telmatobiidae), with description of its tadpole, and range extension of *T. mendelsoni* De La Riva et al., 2012. Annals of Carnegie Museum. 83 (4): 255-268. DOI: 10.2992/007.083.0402.
- UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). 2016. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015. 4. <http://www.iucnredlist.org>. Acceso 29 May 2016.
- U.S. Fish & Wildlife Service. 2005. Why Save Endangered Species? Endangered Species Program. <http://endangered.fws.gov/>.
- Vargas F. & F. Castro. 1999. Distribución y preferencias de microhábitat en anuros (Amphibia) en bosque maduro y áreas perturbadas en Anchiyacá, Pacífico Colombiano. Caldasia 21 (1): 95-109.
- Vellard J. 1951. Estudios sobre batracios andinos. I. El grupo *Telmatobius* y formas afines. Memorias del Museo de Historia Natural "Javier Prado" 1: 1-89.

Vellard J. 1952. Adaptation des batraciens a la vie a grande hauteur dans les Andes. Bulletin de la Societe Zoologique de France 77: 169-187.

Vera A., E. Oyague, L. Castañeda & Z. Quinteros. 2013. Hábitos alimentarios del bagre “Life” *Trichomycterus punctulatus* (Valenciennes, 1846) (Actinopterygii, Siluriformes) en el río Pisco, Perú. Ecología Aplicada, 12 (2): 121-131.

Vila I., A. Veloso, R. Schlatter & C. Ramirez. 2006. Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile. 2da. Edición. Programa Interdisciplinario de Estudios en Biodiversidad. Universidad de Chile. 186 Pp.

Villamarín F., B. Marioni, J. Thorbjarnarson, B. Nelson, R. Botero-Arias & W. Magnusson. 2011. Conservation and management implications of nest-site selection of the sympatric crocodilians *Melanosuchus niger* and *Caiman crocodilus* in Central Amazonia, Brazil. Biological Conservation 144: 913-919.

Vitt L. & J. Caldwell. 2009. Herpetology. An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles. Third Edition. Sam Noble Oklahoma Museum of Natural History. Department of Zoology. University of Oklahoma. 697 Pp.

Watson A., A. Fitzgerald & O. Baldeón. 2015. Habitat-use Models for the Endangered and Endemic *Telmatobius* Frogs of Lake Junin. International Meeting: Andes Amazon Biodiversity Conservation – BIOCON. PERÚ. 15 – 18 Octubre.

Watson A., A. Fitzgerald & O. Baldeón. 2017a. Diet composition and prey selection of *Telmatobius macrostomus*, the Junín giant frog. Endangered species research. 32: 117-121. DOI: 10.3354/esr00785.

Watson A., A. Fitzgerald & O. Baldeón. 2017b. Habitat characterization, occupancy and detection probability of the Endangered and endemic Junín giant frog, *Telmatobius macrostomus*. *Endangered species research*. 32: 429-436. DOI: <https://doi.org/10.3354/esr00821>.

Wiens J. 1993. Systematics of the Leptodactylid Frog Genus *Telmatobius* in the Andes of Northern Peru. *Occasional papers of the Museum of Natural History. The University of Kansas Lawrence, Kansas*. 162: 1-76.

Woolrich-Piña G., G. Smith, L. Oliver-Lopez, M. Barbosa & J. Lemos-Espinal. 2010. Distribution of tadpoles of *Ollotis occidentalis* (Amphibia: Anura: Bufonidae) along the Río Salado, Puebla, México. *Acta Herpetologica* 5(2): 151-160.

ANEXOS

A. Base de datos completa

Estación	Subestación	Ancho promedio (m.)	Presencia de renacuajos	Temp. agua (°C)	TDS (mg/L)	Conductividad (µS)	Salinidad (ppm)	pH	OD %	Transparencia	% Cobertura superficial	% Vegetación sumergida	Presencia <i>Orestias</i>	Presencia <i>Trychomycterus</i>	Presencia trucha	Profundidad (cm)	Sustrato
Chacachimpa	Ch_1	10	0	8.8	240	320	158	7.86	29.2	Parcial	76.5	89.5	si	no	no	70	limo
Chacachimpa	Ch_2	10.5	0	6.6	256	365	173	7.95	18.5	Parcial	61.45	84.2	si	no	no	68	limo
Chacachimpa	Ch_3	8	1	14.5	221	315	147	8.46	41.5	Total	21.65	56.65	si	no	no	65	limo
Chacachimpa	Ch_4	8	1	9.1	226	307	151	8.27	39.6	Total	87.78	95	si	no	no	85	limo
Chacachimpa	Ch_5	5	0	11.1	218	294	145	8.62	45.1	Total	60.67	76.17	si	no	no	62	grava
Chacachimpa	Ch_6	5.5	1	3.02	215	309	145	8.05	34.5	Total	69.06	93.13	si	no	no	66	limo
Paccha	Pac_1	3	0	17	256	374	171	8.32	53.6	Total	70.67	73	si	no	no	82	limo
Paccha	Pac_2	2	1	14.6	274	396	185	8.63	55	Parcial	67.33	77.17	si	no	no	71	limo
Paccha	Pac_3	2	1	11.6	275	402	180	8.16	45.5	Total	86.33	90.83	si	no	no	64	limo
Paccha	Pac_4	2.5	1	9	294	421	199	8.1	36.6	Total	84.33	92.17	si	no	si	27	limo
Paccha	Pac_5	1	0	9	266	377	178	8.11	31.2	Total	76	90.5	si	no	no	43	limo
Palomayo	Pal_5	1.5	0	10.5	263	379	178	8.87	39.1	Total	56.25	69	si	no	no	23	arena
Palomayo	Pal_4	1	0	12.4	249	350	167	8.8	43.2	Total	66.25	83.25	si	no	no	37	limo/ grava
Palomayo	Pal_3	2	0	13.1	252	335	166	8.82	47.8	Total	75.32	60	si	no	no	43	limo
Palomayo	Pal_2	1	1	16.8	252	367	170	8.66	47.1	total	33.04	52.39	si	no	no	35	limo

Palomayo	Pal_1	1.5	0	6.3	280	395	192	8.45	34.4	Parcial	7.62	7.86	no	no	58	limo
Huarmipuquio	Huar_1	8	1	19.3	340	487	231	8.14	55.2	Parcial	56.38	48.25	si	si	64	limo
Huarmipuquio	Huar_2	7	0	16.7	364	517	250	7.81	24.2	Total	82.38	34.19	si	si	87	limo
Huayricucho	Huay_1	1	0	15.4	212	303	142	8.91	53.89	Parcial	51	94.8	si	no	44	limo
Huayricucho	Huay_2	1	0	14.8	243	341	165	8.91	53.4	Total	47.25	70.5	si	no	24	limo
Huayricucho	Huay_3	1	0	15.6	259	373	173	7.89	48.2	Total	47.62	43.10	si	no	35	limo
Huayricucho	Huay_4	2	1	11.9	268	386	182	7.81	37.8	Total	54.09	40	si	si	30	limo
Huayricucho	Huay_5	1.5	0	9.8	233	335	158	8.7	52.7	Total	42.5	79.58	si	no	54	arena
Chuyroc	Chu_1	2.5	0	13.7	179	246	121	10.02	51.2	Parcial	69.17	99.33	si	no	24	limo
Chuyroc	Chu_2	4	0	12.5	259	372	176	7.67	34.6	Parcial	82.05	82.82	si	no	29	limo
InkaPirca	Ink_1	2	0	8.8	273	390	185	8.46	44.6	Parcial	74.68	55.97	si	no	59	piedr a
Yanacocha	Yan_1	2.5	1	10.4	198	289	129	8.559	-	Total	49.5	52.67	si	no	95	limo

B. Diversidad de especies del perifiton

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO
Bacillariophyta	Mediophyceae	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella sp.</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cocconeidales	Achnanthidiaceae	<i>Achnanthidium sp.</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Achnanthales	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis placentula</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Hantzschia sp.</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Tryblionella sp.</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia acicularis</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp.</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia acicularis</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia reversa</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sigmoidea</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Encyonema sp.</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella sp.</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Rhoicospheniaceae	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbopleura sp.</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema acuminatum</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema truncatum</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema sp.</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema parvulum</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Reimeria sp.</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria sp.</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia sp.</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Diploneidaceae	<i>Diploneis sp.</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Gyrosigma sp.</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula sp.</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Diadesmidaceae	<i>Diadesmis sp.</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Sellaphoraceae	<i>Sellaphora sp.</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulareaceae	<i>Pinnularia sp.</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia sorex</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia adnata</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia gibba</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella sp.</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Thalassiophysales	Catenulaceae	<i>Amphora sp.</i>

Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Fragilariales	Fragilareaceae	-
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Fragilariales	Fragilareaceae	<i>Diatoma sp.</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Fragilariales	Fragilareaceae	<i>Fragilaria cf. capuccina</i>
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Fragilariales	Fragilareaceae	<i>Meridion circulare</i>
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira varians</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus sp.</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Aphanothecaceae	<i>Gloeotheca sp.</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Nostocaceae	<i>Anabaena sp.</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Rivulariaceae	<i>Calothrix sp.</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Pseudanabaenales	Pseudanabaenaceae	<i>Pseudanabaena sp.</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Lyngbya sp.</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Phormidium sp.</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Microcoleaceae	<i>Kamptomonema sp.</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Coleofasciculaceae	<i>Geitlerinema sp.</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria sp.</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Synechococcales	Leptolyngbyaceae	<i>Leptolyngbya sp.</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Synechococcales	Merismopediaceae	<i>Eucapsis sp.</i>
Chlorophyta	Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium sp.</i>
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus sp.</i>
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Desmodesmus sp.</i>
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Coelastrum sp.</i>
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Selenastraceae	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum boryanum</i>
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum duplex</i>
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Tetraedron minimum</i>
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Elakatothricaceae	<i>Elakatothrix sp.</i>
Chlorophyta	Ulvophyceae	Ulotrichales	Ulotricaceae	<i>Ulothrix sp.</i>
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Nephrocystium agardhianum</i>
Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiiales	Desmidiaceae	<i>Cosmarium sp.</i>
Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiiales	Desmidiaceae	<i>Cosmarium reniforme</i>
Charophyta	Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Mougeotia sp.</i>
Charophyta	Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Spirogyra sp.</i>
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena sp.</i>

C. Vista dorsal de renacuajo de *Telmatobius macrostomus*



D. Vista ventral de renacuajo de *Telmatobius macrostomus*



E. Búsqueda de renacuajos en la Estación Paccha. Foto: Maura Fernández



F. Búsqueda de renacuajos en la estación Chacachimpa, con colaboración de Roberto Elías y voluntarias de la Reserva Nacional de Junín. Foto: A. Watson



G. Hábitat afectado por ganadería



H. Hábitat afectado por la limpieza de canal (Pal_1)



I. Rana muerta cerca a subestación Huay_2

